

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA

**Departamento de Medicina Preventiva, Salud Pública e Historia de la
Ciencia**



**CARACTERIZACIÓN DE LOS DEFECTOS
POSTURALES EN ESCOLARES DE 9 A 15 AÑOS
DE LA COMUNIDAD DE MADRID: ANÁLISIS DE
FACTORES IMPLICADOS EN LA
DESESTABILIZACIÓN POSTURAL.**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR**

Ana María Álvarez Méndez

Bajo la dirección de los doctores

Paloma Astasio Arbiza
M^a Teresa Angulo Carrère
José López Chicharro

Madrid, 2011

ISBN: 978-84-694-2803-0

© Ana María Álvarez Méndez, 2010



INFORME DEL DIRECTOR/ES DE LA TESIS

D^a PALOMA ASTASIO ARBIZA, Profesora Titular del Departamento de MEDICINA PREVENTIVA, SALUD PÚBLICA E HISTORIA DE LA CIENCIA, Doña MARÍA TERESA ANGULO CARRERE y Don JOSÉ LÓPEZ CHICHARRO, Catedráticos de Escuela Universitaria del Departamento de Enfermería, todos de la UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID, hacen constar que el trabajo de investigación realizado por Doña ANA MARÍA ÁLVAREZ MÉNDEZ que lleva por título "Caracterización de los defectos posturales en escolares de 9 y 15 años de la Comunidad de Madrid. Análisis de factores implicados en la desestabilización postural." ha sido realizado bajo nuestra dirección siguiendo una rigurosa metodología, presentando unos resultados interesantes y unas conclusiones derivadas de los anteriores que hacen que dicho trabajo de investigación pueda ser defendido para optar al Grado de Doctor.

Fecha 19 de octubre de 2010

Fecha 19 de octubre de 2010

Fecha 19 de octubre de 2010

Firma

Firma

Firma

D.N.I.

2507371-A

D.N.I.

5359139-R

D.N.I.

51877060-P

(6) EVALUADORES ESPECIALISTAS EN LA MATERIA

artº. 4.9 b y 4.9 c de la Normativa de desarrollo del R.D. 1393/2007 (Deberá indicarse cual de los especialistas está incluido en el programa de Doctorado)

Nombre DAVID MARTÍNEZ HERNÁNDEZ	<input checked="" type="checkbox"/> INTERNO	D.N.I. 22444699-B
Centro FACULTAD DE MEDICINA		
Nombre LUIS MONTIEL LLORENTE		D.N.I. 50406618-W
Centro FACULTAD DE MEDICINA		
Nombre		D.N.I.
Centro		

APROBACIÓN DEL ÓRGANO RESPONSABLE DEL PROGRAMA DE POSTGRADO

(Se deberá reflejar la aprobación de la administración a trámite por el Órgano Responsable del Programa de Postgrado, acompañando a este impreso los informes señalados en el art. 4.6, y los emitidos por los especialistas señalados en el apartado anterior, de acuerdo con la Normativa de Desarrollo de la UCM, del R.D. 1393/2007, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales.

Reunida la Comisión de Doctorado del Departamento de Medicina Preventiva, Salud Pública e Historia de la Ciencia y una vez analizados la metodología y contenidos del trabajo de investigación realizado por Doña ANA MARÍA ÁLVAREZ MÉNDEZ que lleva por título "Caracterización de los defectos posturales en escolares de 9 y 15 años de la Comunidad de Madrid. Análisis de factores implicados en la desestabilización postural.", acuerdan informarlo favorablemente para que pueda ser defendido como Tesis Doctoral.



Fecha 19 de octubre de 2010

Firma

A Luis y a Carmen,
gracias por vuestra paciencia, comprensión y cariño.

"Might God hold you in the palm of His hand".

A mis padres y a mi hermana, por estar a mi lado siempre.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los directores de mi Tesis: Profa. Dra. M^a Teresa Angulo Carrère, Prof. Dr. José López Chicharro y Profa. Dra. Paloma Astasio Arbiza, por sus consejos, su inestimable ayuda y su implicación en la elaboración de este trabajo.

A la Consejería de Cultura y Deportes de la Comunidad de Madrid, en la persona de la Dra. M^a Teresa Lara, por permitirme formar parte del Estudio "EYHS" y poner a nuestra disposición los escolares que han participado en este estudio, haciendo posible la realización del mismo. A los Directores y Profesores de los Colegios por facilitarnos en todo momento nuestro trabajo, y a los padres y escolares por su desinteresada colaboración.

A Isabel Millán, por su gran amabilidad, su paciencia y su inestimable ayuda en el análisis estadístico.

De la misma manera, quiero dar las gracias a todas aquellas personas que, de alguna manera, me han ayudado durante el desarrollo de este trabajo, y han creado el entorno agradable que me permitió trabajar... y sonreír a la vez...

NOTA:

Este trabajo de investigación se enmarca en el Proyecto de Investigación EYHS (*European Youth Heart Study*) desarrollado mediante un acuerdo de investigación entre la Consejería de Cultura y Deportes de la Comunidad de Madrid y el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Complutense de Madrid, desde 2004.

Este trabajo no habría sido posible sin el apoyo de todos los miembros integrantes del Estudio EYHS pero, muy especialmente, sin el impulso, la perseverancia y la buena disposición de la Dra. M^a Teresa Lara Hernández, Directora Gerente del Centro de Medicina Deportiva de la Comunidad de Madrid, que ha permitido que los resultados de este trabajo pueden ser presentados como Tesis Doctoral.

ABREVIACIONES

AAOS: *Americam Academy of Orthopaedic Surgeons*

ALI: Arco longitudinal interno

AMTF: Articulación metatarsofalángica

AMT: Articulación mediotarsiana

APTA: *Americam Physical Therapy Association*

ASI: Articulación sacroiliaca

CG: Centro de gravedad

CGCOM: Consejo General de Colegios de Médicos de España

CV: Columna vertebral

DDS: Distancia dedos-suelo

DTG: Distancia talón-glúteo

EIA: Escoliosis idiopática del adolescente

ETAS: Espina ilíaca ántero-superior

EIPS: Espina ilíaca pósterio-superior

EEII: Extremidades inferiores

EYHS: *European Youth Heart Study*

IMC: Índice de masa corporal

FD: Flexión dorsal

Fig. Figura

HAVJ: *Hallux abductus valgus* juvenil

HIF: *Hallux* interfalángico

HL: *Hallux* límitus

HR: *Hallux* rígido

LCA: Ligamento cruzado anterior

NS: No significativo

PC: Ordenador personal

PRCC: Posición relajada del calcáneo en carga

RDM: Rango de movimiento

ROT: Rotación

ROTE: Rotación externa

ROTI: Rotación interna

SNC: Sistema nervioso central

TS: Tríceps sural

TV: Televisión

UCM: Universidad Complutense de Madrid

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
1. CARACTERÍSTICAS DE LA POSTURA NORMAL.....	1
2. DESARROLLO DE LA POSTURA CON EL CRECIMIENTO	4
3. MANTENIMIENTO DE LA POSTURA	8
3.1. Regulación de la postura: equilibrio y coordinación.....	9
3.2. Aferencias periféricas en la regulación de la postura.....	12
3.2.1. Aferencias periféricas exteroceptivas	12
3.2.2. Aferencias periféricas interoceptivas.....	13
3.3. Sistemas de salida: efectores musculares.....	14
4. FLEXIBILIDAD Y POSTURA.....	16
5. ALTERACIONES EN EL PATRÓN DE POSTURA NORMAL.....	17
5.1. Asimetrías de la cabeza y el cuello y su repercusión en la postura.....	21
5.2. Asimetrías del tronco y su repercusión en la postura.....	23
5.2.1. Alteraciones de la cintura escapular.....	23
5.2.2. Alteraciones de la columna vertebral y pelvis.....	23
5.3. Heterometrías de las EEII y su repercusión en la postura.....	31
5.4. Alineación de las extremidades inferiores y su repercusión en la postura.....	32
5.4.1. Alteraciones angulares de las EEII	32
5.4.2. Alteraciones torsionales de las EEII	36
5.4.3. Alteraciones de los pies	38
6. FACTORES DE RIESGO DE DESALINEACIONES POSTURALES.....	41
7. REPERCUSIÓN CLÍNICA DE LOS DEFECTOS POSTURALES.....	45
OBJETIVOS.....	47
MATERIAL Y MÉTODOS.....	49
1. CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO.....	49
2. POBLACIÓN BASE DEL ESTUDIO.....	49
3. CUESTIONARIO ENVIADO A LOS PADRES.....	50
4. EQUIPAMIENTO.....	51
5. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIABLES ANALIZADAS.....	51
5.1. Procesamiento y análisis de los datos	53
6. PROTOCOLO DE INSPECCIÓN DE LA POSTURA BIPEDESTACIÓN ESTÁTICA...	54
6.1. Exploración del sujeto en visión anterior.....	54
6.2. Exploración del sujeto en visión posterior.....	54

6.3. Exploración del sujeto en visión lateral	55
7. METODOLOGÍA DE EXPLORACIÓN	55
7.1. Valoración de las posiciones de los segmentos corporales.....	55
7.1.1. Valoración de las desviaciones angulares de la rodilla	55
7.1.2. Valoración del ángulo del pie	56
7.1.3. Valoración del eje del talón.....	56
7.1.4. Valoración de la altura del arco longitudinal interno del pie	57
7.1.5. Cuantificación de las discrepancias en la longitud de las EEII	57
7.2. Valoración de la amplitud del movimiento articular.....	58
7.2.1. Cuantificación de ABD/ADD de la articulación de la cadera.....	59
7.2.2. Cuantificación de la flexión de la articulación de la cadera.....	59
7.2.3. Cuantificación de la ROTE y ROTI de la articulación de la cadera.....	59
7.2.4. Cuantificación e la flexión dorsal de la articulación del tobillo.....	60
7.2.5. Cuantificación de la flexión dorsal de la 1AMTF.....	60
7.3. Valoración de la flexibilidad del tronco y elasticidad muscular.....	61
7.3.1. Flexibilidad del tronco; Test de la distancia dedos-suelo (DDS).....	61
7.3.2. Elasticidad del psoasílico; Test de Thomas.....	62
7.3.3. Elasticidad de los isquiosurales; Test 90:90.....	63
7.3.4. Elasticidad del cuádriceps; Test distancia talón-glúteo (DTG).....	64
7.3.5. Elasticidad del Tríceps sural	64
7.4. Valoración de las desviaciones de la columna vertebral.....	64
7.4.1. Test o Maniobra de Adams	64
7.4.2. Test de Adams lateral.....	65
RESULTADOS.....	67
1. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA.....	67
2. DATOS ANTROPOMÉTRICOS DE LA MUESTRA.....	67
3. ANÁLISIS DE LOS FACTORES MODIFICADORES DE LA POSTURA.....	68
3.1. Colocación de la mochila.....	68
3.2. Práctica deportiva extracurricular de los escolares.....	70
3.3. Hábitos sedentarios de los escolares	71
4. ANÁLISIS DEL DOLOR MÚSCULO-ESQUELÉTICO INESPECÍFICO.....	71
4.1. Dolor de espalda en los escolares.....	71
4.2. Dolor en las extremidades inferiores.....	72
5. ANÁLISIS DE LAS DESVIACIONES POSTURALES DE LOS ESCOLARES.....	72
5.1. Alineación de la cabeza.....	72
5.2. Alineación de la cintura escapular.....	73

5.3. Alineación de la columna vertebral en el plano frontal.....	76
5.4. Alineación de la columna vertebral en el plano sagital.....	78
5.5. Alineación de la pelvis.....	80
5.6. Longitud de las extremidades inferiores.....	80
5.6.1. Diferencias en la longitud de las extremidades inferiores.....	80
5.6.2. Alineación frontal de las extremidades inferiores.....	81
5.6.3. Posición de las rótulas.....	83
5.6.4. Posición del talón del pie.....	83
5.6.5. Altura del Arco Longitudinal Interno del pie.....	84
5.6.6. Ángulo del pie o ángulo de progresión de la marcha.....	85
5.6.7. Deformidades digitales del pie.....	85
6. MOVILIDAD ARTICULAR DE LA EXTREMIDAD INFERIOR.....	86
6.1. Movilidad articular de la cadera.....	86
6.2. Movilidad articular del tobillo.....	87
6.3. Movilidad articular de la 1AMTF del pie	89
7. ANÁLISIS DE LA FLEXIBILIDAD DE LA CV Y LAS EEII.....	90
7.1. Flexibilidad de la columna vertebral.....	90
7.2. Elasticidad de los músculos de la extremidad inferior.....	90
7.2.1. Elasticidad del músculo psoasílico.....	90
7.2.2. Elasticidad del músculo cuádriceps.....	91
7.2.3. Elasticidad de los músculos isquiopoplíteos.....	92
8. ANÁLISIS DE LAS DESVIACIONES POSTURALES POR PLANOS	94
8.1. Desviaciones posturales en el plano frontal	94
8.2. Desviaciones posturales en el plano sagital	95
8.3. Parámetros de elasticidad global	96
9. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS CLUSTER	103
DISCUSIÓN.....	109
CONCLUSIONES.....	133
BIBLIOGRAFÍA.....	137
ANEXO I	159
ANEXO II	162
ANEXO III	164
ANEXO IV	166
ANEXO V	167

Introducción

Lo peor no es cometer un error, sino tratar de justificarlo, en vez de aprovecharlo como aviso providencial de nuestra ligereza o ignorancia.

Santiago Ramón y Cajal (1852-1934)
Médico español

Cada vez son más frecuentes los estudios que valoran la postura estática del individuo debido a su implicación en el mantenimiento del control del equilibrio corporal global y en el inicio y continuidad del movimiento. Es evidente que el ser humano posee la aptitud de reajustar y corregir toda modificación espacial de los segmentos corporales, en relación con la vertical¹ pero cuando, por diversas causas, se altera la capacidad para mantener esa estática corporal normal se pueden desarrollar alteraciones y/o deformidades que repercutirán negativamente en la calidad de vida del sujeto, de ahí la importancia de vigilar y favorecer la adquisición, desde la infancia, de estilos de vida y hábitos posturales correctos, como medida preventiva eficaz frente a la aparición de algias músculo-esqueléticas en la edad adulta.

Desde el siglo XIX se conoce el papel de la mayoría de los sistemas que contribuyen al mantenimiento de la posición erecta. En 1840, Romberg ponía en evidencia la importancia de los ojos, Longet (1845) de la propiocepción de los músculos paravertebrales, Flourens (1842) de la influencia de sistema vestibular y Sherrington (1910) del "sentido" muscular. Babinski en 1899, analizó los defectos de coordinación entre postura y movimiento en pacientes cerebelosos, y a él debemos los primeros datos asociados al movimiento voluntario. Con sus estudios quedó claramente establecido que, tanto en el hombre como en los animales, *el movimiento intencionado va precedido, acompañado y seguido por fenómenos posturales*. Dada la estrecha relación postura-movimiento que caracteriza al ser humano, se entiende la importancia de mantener una postura correcta para favorecer el movimiento y el bienestar general².

1. CARACTERÍSTICAS DE LA POSTURA NORMAL

La postura normal fue definida por el Comité de Actitud Postural de la Academia Americana de Cirujanos Ortopédicos (AAOS)³ como *"la posición relativa que adoptan las distintas partes del cuerpo. La postura correcta es aquella que permite un estado de equilibrio esquelético y muscular, que protege a las estructuras corporales de sostén frente a lesiones o deformaciones progresivas, independientemente de la posición (erecta, en decúbito, en cuclillas, inclinada, etc.) en la que estas estructuras se encuentran en reposo o en movimiento. En estas condiciones, los músculos trabajan con mayor rendimiento y menor fatiga, resultando las posturas correctas, óptimas para los órganos torácicos y abdominales"*.

La postura erguida fundamental descrita por Vélez⁴ y Doménech et al⁵, es una postura bípeda u ortógrada, que representa la relación interna de los distintos segmentos corporales, controlados por distintos mecanismos nerviosos inter-

conexionados, y la forma en que el organismo afronta los estímulos del entorno y se prepara para reaccionar ante ellos. Es decir, una posición de referencia determinada por una orden del sistema nervioso central (SNC), sobre la cual se producirán acciones de corrección cada vez que uno de los segmentos corporales tienda a desviarse de esa posición.

Estas definiciones hacen referencia a una condición estructural, estática y rígida, pero la postura también puede ser definida desde un punto de vista más funcional, más dinámico, como *"aquella capaz de optimizar la relación entre el individuo y su entorno"*. Así, se podría definir la postura eficiente como *"aquella que requiere un mínimo gasto energético y que surge de la correcta alineación articular de cada una de las cadenas biocinemáticas que integran el sistema, lo que se traduciría en ausencia de fatiga muscular, de tensión residual, de dolor y de sensaciones de incomodidad corporal"*⁶. Esto se consigue, según Basmajian⁷, porque *"de entre todos los mamíferos, el hombre posee los mecanismos antigravitatorios más eficientes, en posición erecta, siendo el gasto energético muscular necesario para mantener esa postura, mínimo"*.

Para valorar el alineamiento postural normal existe un modelo esquelético de estudio⁸, el cual conlleva mínimas tensiones y deformaciones, para una máxima eficiencia del cuerpo. En este modelo postural ideal, la intersección de los planos corporales intermedios sagital y coronal representan una línea equivalente al eje de gravedad; hipotéticamente alrededor de esta línea el cuerpo está en equilibrio².

Este modelo postural describe las relaciones existentes entre las estructuras esqueléticas y el contorno de la superficie corporal, en el análisis del alineamiento ideal. Existen diferentes perfiles, dependiendo del tipo corporal, del tamaño y forma del cuerpo, pero existe una correlación, que siempre se cumple en los distintos tipos de alineamiento esquelético, permitiendo que un explorador experimentado sea capaz de *determinar la posición de las estructuras esqueléticas mediante el examen visual de los perfiles corporales*^{8,9}. En este modelo postural la columna presenta sus curvas normales; las extremidades inferiores (EEII) están correctamente alineadas, la pelvis se encuentra neutra, para permitir un correcto alineamiento del abdomen y del tronco, ambos necesarios para una adecuada función de los órganos respiratorios; y la cabeza se encuentra erguida y en equilibrio, para minimizar las tensiones en la musculatura cervical (Fig. 1A y B).

Se define el alineamiento postural ideal en el plano sagital (Fig. 1A), cuando la línea trago-trocanteriana de referencia pasa ligeramente posterior al ápex de la sutura coronal, a través del conducto auditivo externo, a través del proceso odontoideo del axis, en la mitad de la cara lateral del hombro, a través de los cuerpos vertebrales de las vértebras lumbares, a través del promontorio del sacro, ligeramente posterior al centro de la articulación coxofemoral (cara externa del trocánter mayor), mitad de la

cara externa del fémur, ligeramente anterior al eje de la articulación de la rodilla, ligeramente anterior al maléolo externo, alcanzando la base de sustentación del suelo a la altura de la articulación calcáneo-cuboidea. Las dos mitades de las estructuras esqueléticas resultantes son asimétricas.

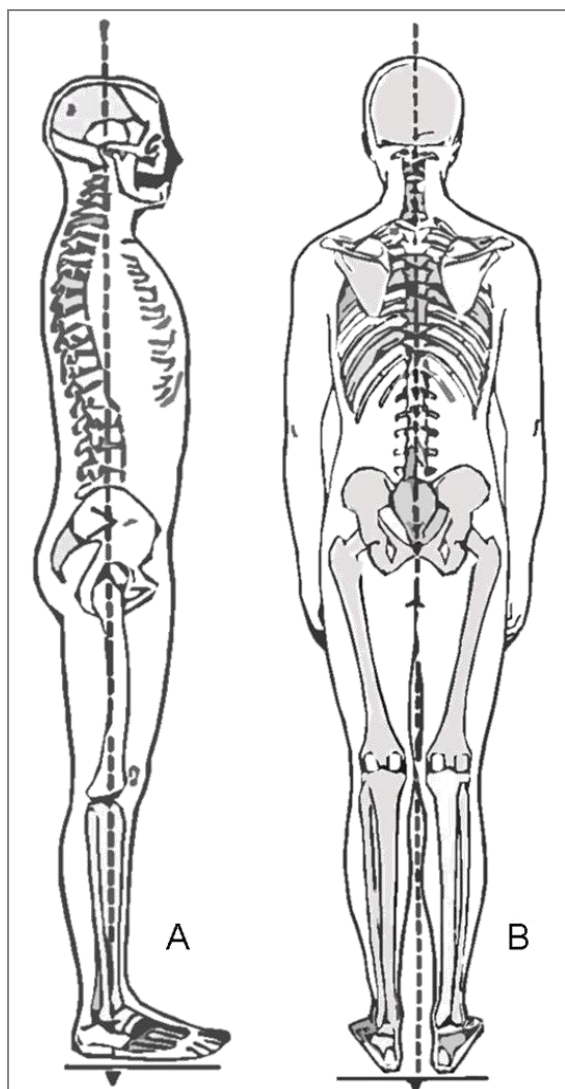


Figura 1. Alineamiento postural normal descrito por Kendall's⁸.

A: Línea medio-sagital de referencia.

B: Línea medio-frontal de referencia.

El alineamiento postural ideal en el plano coronal y visión posterior (Fig. 1B), se define cuando la línea medio-sagital de referencia pasa por la línea media del cráneo, a través de la columna vertebral (CV), y por el pliegue inter-glúteo, entre las EEII y equidistante a ambos talones. En estas dos mitades las estructuras esqueléticas son simétricas y soportan la misma carga⁸.

Estas referencias no sirven para la pelvis, la cual juega un papel clave en el correcto o incorrecto alineamiento postural. Esta característica obliga a definir la posición neutra de la pelvis como aquella en la que las espinas ilíacas ántero-superiores (EIAS) se encuentran en el mismo plano horizontal, y las EIAS y la sínfisis del pubis se sitúan en el mismo plano vertical. Las EIAS y las espinas ilíacas pósterio-superiores (EIPS) deben situarse también en un mismo plano.

Para Kendall's⁸ una buena exploración postural debe realizarse en visión anterior, posterior y lateral, derecho e izquierdo, para poder valorar correctamente el alineamiento de los distintos segmentos corporales en posición erecta. Esta exploración también debe incluir la realización de pruebas de flexibilidad-extensibilidad muscular y de fuerza muscular¹⁰.

Una de las mayores dificultades en el diagnóstico de las "desalineaciones posturales" es que casi siempre, si no siempre, se pueden encontrar algunas alteraciones cuando se compara con el patrón de "postura ideal", considerado por

algunos autores como irreal¹¹, por ello hace necesario encontrar protocolos de evaluación eficaces. En este sentido, aunque en muchos trabajos se utilizan instrumentos de evaluación postural muy específicos^{12,13}, Bryan et al¹⁴, afirma que el análisis visual de la postura muestra una validez y una reproductibilidad aceptable, tras compararlo con procedimientos radiológicos, y además asegura que éste no mejora demasiado con el uso de una plomada.

2. DESARROLLO DE LA POSTURA CON EL CRECIMIENTO

El ser humano durante el primer año de vida pasa de tener una superficie de apoyo de base muy amplia (postura en decúbito) a una base muy pequeña (postura bípeda), pasando por posturas intermedias (sedestación, gateo). Para llegar a ello, deben producirse cambios sustanciales durante el proceso de maduración. El tono muscular pasa de un predominio flexor en el recién nacido, a un equilibrio balanceado unos meses más tarde. Hay un aumento progresivo de la extensibilidad articular. Se produce una desaparición paulatina de las reacciones primitivas, liberando los miembros para una prensión más voluntaria y cada vez más fina. La columna se estira, despegando el tronco, manteniendo firme la cabeza, lo que permite un mejor contacto visual y una mayor movilidad. Más adelante, aparecen los reflejos de equilibrio, que van a persistir en la vida adulta y que son fundamentales para alcanzar, en primera instancia, una sedestación estable y luego la posición erecta. Con el desarrollo sensorial se estimula y se favorece la actividad motriz.

La CV se modifica para mantener el equilibrio de la cabeza y del tronco en posición bípeda y llevar la vertical, que pasa por el centro de gravedad (CG), a la base de sustentación. Para ello es necesario que se desarrollen las distintas curvaturas que caracterizan el raquis en el plano sagital, las cuales no están presentes al nacimiento, sino que se van adquiriendo por la necesidad de adaptación al medio externo; es decir, por la acción combinada de la gravedad, la acción muscular, ligamentosa y la orientación de la cintura pélvica². Estas curvas sagitales de la CV permiten el equilibrio entre fuerza y flexibilidad, mientras resisten las fuerzas compresivas de la gravedad¹⁵; de este modo, su presencia incrementa notablemente la resistencia y elasticidad de la CV, haciéndola hasta 17 veces más resistente que si fuera completamente recta.

En el momento del nacimiento el niño presenta una única curva cifótica (Fig. 2A); a medida que éste inicia su interacción con el medio, empieza a levantar la cabeza para ampliar su campo de visión (3-4 meses) desarrollándose la lordosis cervical (Fig. 2B). Cuando comienza a ponerse de pie se empieza a formar la lordosis lumbar (12-18 meses), que se completará con la deambulación normal (Fig. 2C). Por lo tanto, las curvas del raquis son una adaptación de la columna a las nuevas exigencias mecánicas de la postura bípeda humana, y su finalidad básica es poder soportar mayores pesos e

incrementar la estabilidad para una base de sustentación menor, es decir, aumentar la estabilidad pero también la resistencia y capacidad de amortiguación de las fuerzas de reacción del suelo.

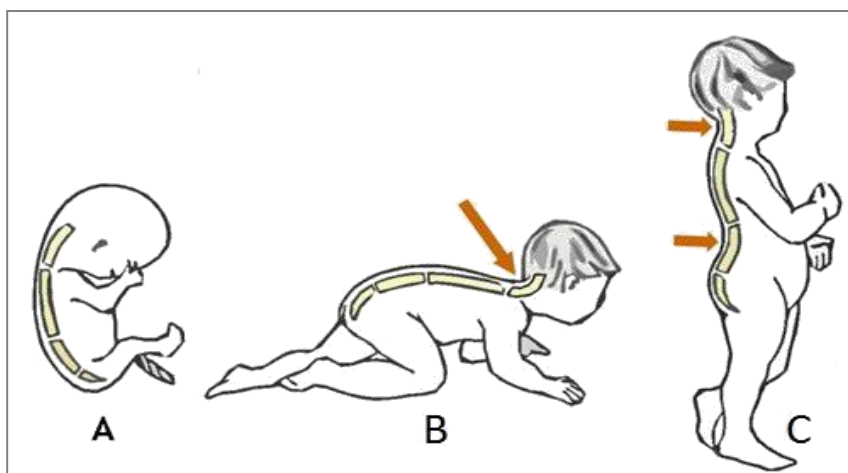


Figura 2. Ontogénesis de las curvas del raquis. **A:** Curvatura del feto. **B:** Lordosis cervical a los 3-4 meses de vida. **C:** Lordosis lumbar en el niño de 12-18 meses (modificado de R. Viladot¹⁵).

Con la excepción de la lordosis lumbar que es fija, estas curvaturas sufren constantes modificaciones debidas a las acciones de dos fuerzas opuestas: la acción de la gravedad y las contracciones musculares. Además, las curvas fisiológicas del raquis también muestran variaciones individuales en función de la edad, del sexo, de la constitución, de los hábitos posturales, de factores laborales y de las posibles patologías que se desarrollen en el individuo.

Estas curvaturas vertebrales cumplen otras funciones, como el mantenimiento del equilibrio estático de la cabeza y tronco, junto a la disposición de la pelvis. También aumenta su resistencia a las fuerzas de compresión axial, proporciona mayor elasticidad al conjunto estructural cabeza-pelvis, y aumenta la estabilidad en bipedestación. Para la consecución de estas funciones, aparentemente opuestas, de estabilidad-rigidez frente a elasticidad-movilidad, es necesario la integridad de todos los elementos clave: vértebras, discos intervertebrales, ligamentos y músculos. Sin embargo, las demandas de "sostén y movilidad" siempre van a estar en conflicto, y lograr el equilibrio entre ellas requiere la existencia de unos buenos mecanismos de control^{10,16}.

El desarrollo postural correcto del niño depende del buen desarrollo estructural y funcional del cuerpo. Los cambios mayores se producen durante los 5 primeros años de vida, desarrollando habilidades en el equilibrio, en la coordinación, en la fuerza, en la planificación y diferenciación de los movimientos, en la percepción de la dirección y en el desarrollo de la orientación espacial. Todos estos factores contribuyen a moldear la postura del niño, a la vez que facilitan su normal desarrollo físico. Pero fundamentalmente, el desarrollo postural normal del niño es una mezcla de factores

genéticos y ambientales, junto a otros como el factor nutricional, o la presencia de enfermedades o discapacidades físicas.

Entre los factores ambientales que pueden influir más negativamente en las alteraciones posturales del niño son las malas posturas durante el sueño, durante el tiempo de juego y a la hora de sentarse. Esta última, tiene mucha importancia durante la jornada lectiva en la que permanece el escolar durante muchas horas cada día, siendo un factor muy importante, en la postura sedente la relación mesa asiento. Cuando el niño empieza al colegio va a permanecer mucho tiempo sentado, constituyendo éste hecho un factor ambiental determinante de una adecuada actitud postural¹⁷. Son muchos los estudios que han valorado las características ergonómicas en el ambiente escolar, determinando que en muchas situaciones los asientos y mesas no se ajustan a la talla de los escolares, debido a las diferencias de desarrollo que caracterizan estas etapas, por lo que no favorecen las posturas correctas¹⁷. Los asientos y pupitres deben ajustarse al tamaño del niño para que éste pueda mantener una actitud sentada correcta, la cual se define como aquella en la que ambos pies se encuentran apoyados en el suelo, las rodillas deben estar flexionadas a 90°, con ambos muslos apoyados completamente en la silla, con un respaldo que permita el apoyo adecuado de la espalda del niño con un pequeño ángulo de inclinación hacia atrás que favorezca su relajación; con una altura de asiento que alcance la mesa a la altura de los codos, para permitir todo el apoyo de los brazos en la mesa sin tener que inclinarse hacia delante o sentarse en la parte anterior de la silla, impidiendo el apoyo de los muslos en el asiento^{17,18}. Cuando estos factores ambientales son adecuados resultarán muy prácticos para el mantenimiento de una actitud postural adecuada.

Es importante conocer los cambios posturales que se producen con el desarrollo pero siempre teniendo en cuenta que los niños no se ajustan a los modelos de alineamiento propios de los adultos, por su mayor movilidad y flexibilidad. Igualmente, hay que tener presente que no todos los niños tienen el mismo ritmo de crecimiento, y que las distintas estructuras del cuerpo pueden crecer con un ritmo diferente¹⁹. La flexibilidad de los ligamentos y fascias es mayor en la niñez y disminuye gradualmente, al tiempo que se incrementa de forma progresiva la potencia muscular, esto proporcionara una mayor estabilidad articular reduciéndose el riesgo de lesiones. La mayor movilidad articular que muestran los niños favorece las desviaciones en el alineamiento corporal, que evolucionarán a deformaciones estructuradas en la edad adulta^{20,21}, si se perpetúan. El niño necesita actividad física para fortalecer los grandes grupos musculares que contribuirán a la estabilidad y funcionalidad corporal.

Aunque la mayoría de las desviaciones posturales que presentan los niños pueden ser incluidas dentro de las desviaciones propias del desarrollo (Fig. 3), cuando éstas se hacen muy notorias o persistentes, se valoran ya como defectos posturales. Se

consideran defectos propios del desarrollo aquellos que aparecen en la mayoría de los niños de una misma edad y que, de forma natural, mejoran o desaparecen sin tratamiento corrector, incluso en presencia de unos factores ambientales desfavorables. En estas circunstancias la vigilancia periódica de la desviación es absolutamente necesaria para determinar si el proceso permanece estático, disminuye o se exacerba, en cuyo caso se aplicarían las medidas correctivas adecuadas.

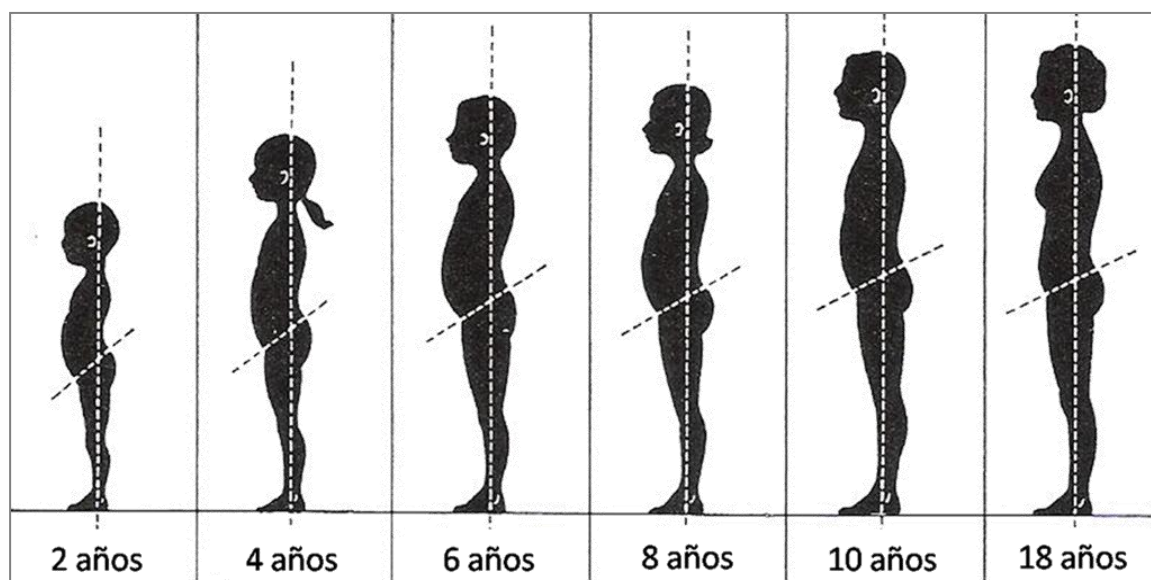


Figura 3. Características del desarrollo de la postura normal, desde la infancia a la adolescencia. En visión lateral vemos como se va corrigiendo la anteversión pélvica y la protrusión abdominal¹⁰.

Algunos cambios estructurales están bien establecidos, como los cambios evolutivos en las rotaciones, en la alineación angular de las EEII y en la morfología del arco del pie, por ejemplo. Entre los 8 y 10 años de edad aparecen los patrones de lateralidad relacionados con la postura. También se suelen manifestar ligeras desviaciones de la columna hacia el lado opuesto de la cadera más elevada, por el ritmo de crecimiento en fases de las EEII; que puede acompañarse con descensos de un hombro, lo cual no es muy significativo y suelen alinearse tras la corrección de la inclinación pélvica. La hiperextensión de las rodillas es muy frecuente en la infancia debido a la escasa sujeción ligamentosa característica de esta etapa de desarrollo, esta circunstancia tiende a desaparecer a medida que los ligamentos se tensan. El abdomen es prominente hasta la edad de los 10-12 años, momento en que la cintura se estrecha y el abdomen disminuye. En relación a la espalda, hacia los 9 años hay tendencia a la hiperlordosis lumbar, que disminuirá con el crecimiento progresivo del niño²⁰. El grado de movilidad de la flexo-extensión de la columna lumbar va disminuyendo con la edad²². En jóvenes entre 10 y 14 años de edad es frecuente no alcancen a tocar los dedos de los pies con las manos (*sit & reach test*), incluso en ausencia de contracturas musculares o articulares; ello es debido a que en esta fase del crecimiento existe una desproporción entre la longitud de las piernas y del tronco (Fig. 4). Además, es

necesario tener en cuenta, dentro de cada grupo de edad, la existencia de variaciones individuales normales respecto a la capacidad de completar la amplitud total de este test²³.

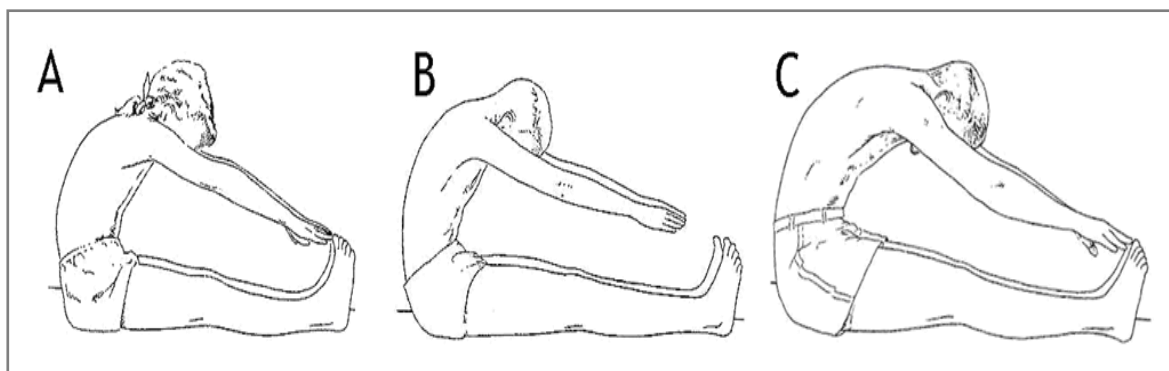


Figura 4. Variaciones del "sit and reach test", en función de la edad. **A:** Niños de 8 a 10 años. **B:** Grupo de edad de 11 a 14 años. **C:** Adolescentes mayores de 15 años.

Detectar las alteraciones posturales que pueden aparecer a lo largo del crecimiento y maduración fisiológica, tiene interés ya que pueden conducir a desalineaciones de los distintos segmentos corporales, lo cual origina estrés de tejidos produciéndose una tensión innecesaria en huesos, articulaciones, ligamentos y músculos, que afecta sobre todo a la columna, pelvis, rodillas y pies⁸.

3. MANTENIMIENTO DE LA POSTURA —CONTROL POSTURAL—

El hombre se diferencia del resto de los animales por su adaptación a la bipedestación, lo que le ha permitido liberar sus miembros superiores de la marcha y poder realizar otras actividades. El SNC juega un papel vital en la postura bípeda gracias a la evolución armónica, a través de las diferentes etapas del desarrollo y de la maduración o mielinización, que constituyen la base para alcanzar la postura erecta propia del hombre. Sólo cuando la maduración neurológica es lo suficientemente estable, lo cual ocurre en las primeras etapas de la vida, el niño logra ponerse de pie y esto quiere decir que se han desarrollado los diferentes sistemas del cuerpo humano que aseguran su efectiva y eficiente función (Fig. 5), actuando como un todo²⁴: SNC (recepción y procesamiento de la información visual, vestibular, cenestésica, exteroceptiva, propioceptiva, y la generación de patrones de movimiento), esquelético (posiciones articulares, cargas y base de sustentación correctas) y muscular (equilibrio funcional entre músculos antagonistas, integrados en el tronco cerebral, cerebelo y corteza cerebral). Estos sistemas de integración van a controlar el tono muscular, el equilibrio, la coordinación, y a recibir las informaciones de retorno sobre la posición de los segmentos corporales, para poder adaptarlos.

De todos los elementos implicados en el control postural (información sensitiva, reacciones posturales, experiencias personales, movilidad articular y actividad

muscular), el SNC es el que realiza el papel más importante, pues es donde se procesa la información sensorial, se almacenan las experiencias vividas, y se elaboran las respuestas motoras: actividad muscular, movimiento articular, reacciones posturales y las sinergias. El SNC, a través del tono postural, se opone a la fuerza de la gravedad y, además, asegura el equilibrio, controlando la proyección del CG en el suelo dentro de unos límites muy estrictos.

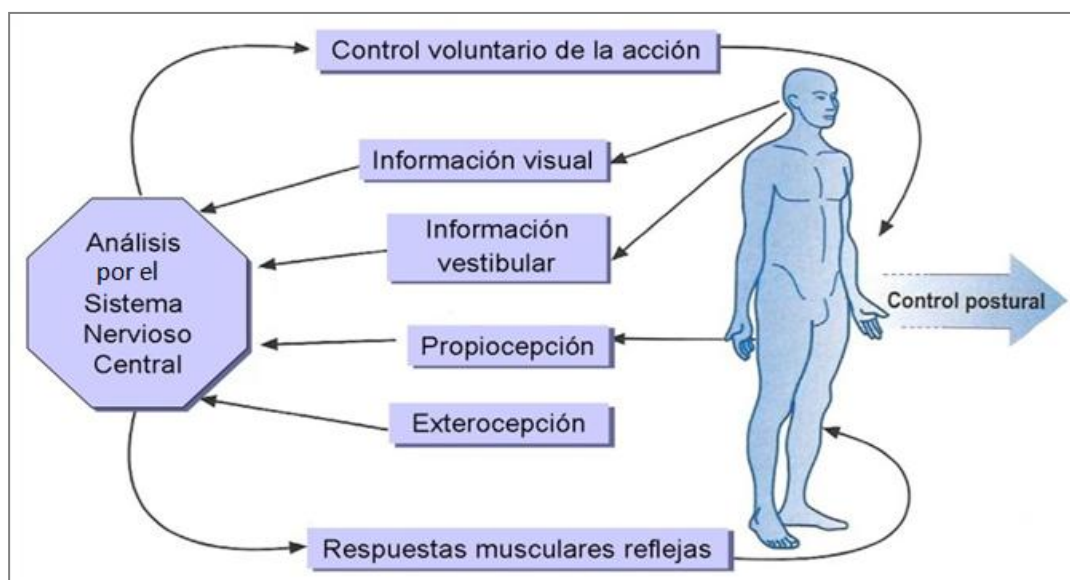


Figura 5. Esquema que representa los distintos elementos que intervienen en el control postural.

3.1. Regulación de la postura: equilibrio y coordinación

El mantenimiento de la posición bípeda estática se consigue mediante factores esqueléticos, ligamentosos y sobre todo musculares. La estabilidad estática hace referencia a la capacidad del individuo para mantener una postura con el mínimo balanceo u oscilación. En condiciones normales, con una buena alineación de los segmentos corporales el CG permanece centrado en la base de sustentación sin prácticamente actividad muscular, siendo el tono muscular, el mecanismo suficiente para mantener la postura. Así, para alcanzar una postura y poder mantenerla, es necesaria la coordinación del trabajo de grupos musculares agonistas, sinergistas y antagonistas, con el fin de lograr la estabilidad en las estructuras óseas y articulares. Esta coordinación sólo se obtiene a través de la función reguladora del cerebelo. El cerebelo desempeña un papel clave en el movimiento, regulando las funciones de las vías motoras descendentes y controlando las sinergias musculares²⁵. Su papel es fundamental para asegurar el control del equilibrio, de la postura y del gesto; jerarquizando, coordinando, atemperando y sincronizando las respuestas reflejas. La experiencia demuestra²⁶⁻²⁹ que estas acciones están sometidas a un aprendizaje, es decir, a la existencia de la "huella material" de experiencias anteriores, punto en el cual

la corteza del cerebelo podría servir de sostén para las innumerables conexiones sinápticas preestablecidas.

Al hablar de postura, también se hace referencia al equilibrio, ya que incluso en estática, el CG debe permanecer dentro de la base de sustentación. Cada movimiento cambia la posición de este CG, de forma que los músculos posturales deben trabajar para estabilizar y organizar la orientación espacial del cuerpo. Por lo tanto, se puede decir que toda postura, en sí misma, es inestable por lo que se requiere de una regulación nerviosa constante para mantener el CG del cuerpo dentro de la base de sustentación, delimitada por el apoyo en el suelo de ambos pies³⁰. El estado de equilibrio se consigue cuando la resultante de las fuerzas que actúan sobre un sistema y sus momentos se anulan, de tal forma que en ese estado de equilibrio el cuerpo es capaz de mantener la posición deseada (equilibrio estático), con un mínimo balanceo u oscilación; o es capaz de moverse sin perder el equilibrio (equilibrio dinámico). La verticalidad del ser humano supone una lucha incesante contra la fuerza de gravedad²⁵, aún así, la postura erecta no supone un gran trabajo muscular antigravitatorio garantizando el menor gasto energético posible y evitando la presencia de fatiga muscular. En consecuencia podemos decir que, el equilibrio se obtiene por la acción del trabajo ligamentoso, al que se agregan simples contracciones musculares, lo que se realiza con un mínimo consumo de energía y permite que el hombre pueda mantener durante gran parte del día una misma posición incluyendo la bipedestación, en la que puede permanecer varias horas.

Existen varios modelos de control del equilibrio, uno de ellos³¹⁻³³, estudiado mediante análisis cinemáticos y electromiográficos de superficie, establece una estructura modular segmentaria, donde la postura está organizada atendiendo a la superposición de los segmentos cabeza, tronco y piernas, estando cada uno de ellos unido al siguiente mediante un conjunto de músculos que actúan bajo el control central y periférico, manteniendo la orientación específica de cada uno de ellos en el espacio y/o en relación al segmento adyacente²⁹. En este modelo segmentario, desde un punto de vista funcional, la cabeza es el segmento más importante ya que contiene dos de los principales órganos sensoriales, la vista y el laberinto, ambos imprescindibles para la organización postural de modo «cráneo-caudal»³¹. Esto hace, según algunos autores³³⁻³⁶, que la estabilización de la cabeza en el espacio sirva como marco de referencia para la organización postural del resto del cuerpo.

Este modelo implica la existencia de una organización central que contribuye a relacionar un determinado número de articulaciones para transformarlas en una unidad funcional, regulada como un todo. Los módulos son ejemplos de las sinergias (coordinación funcional que se establece entre diferentes músculos para producir un movimiento voluntario o automático concreto) en el sistema nervioso para ejercer un

control diferente sobre la musculatura axial, proximal y distal, sirviendo las primeras de soporte para asegurar la movilidad de la musculatura distal³⁷.

Asimismo, existen estrategias multi-segmentarias que corresponden a una organización puramente descendente del control postural difícil, por el cual a un movimiento de cabeza le sigue uno de caderas, seguido de un movimiento de tobillo; mientras que a las estrategias puramente ascendentes (*bottom-up*) el orden de los movimientos es inverso al descrito. Horak et al²⁷, describen la existencia de estrategias mixtas, sin ser puramente ascendentes o descendentes, o combinaciones de estrategias más elementales, observadas sobre todo en el plano sagital.

Se podría resumir que el control del equilibrio postural estático es un control ascendente de los pies a la cabeza, mientras que el control dinámico muestra una organización descendente desde la cabeza hacia los efectores^{27,33,36,38,39}. Es necesario destacar también la existencia de variabilidades personales a la hora de utilizar un determinado marco de referencia o distintas estrategias y, por lo tanto, una determinada información aferente⁴⁰.

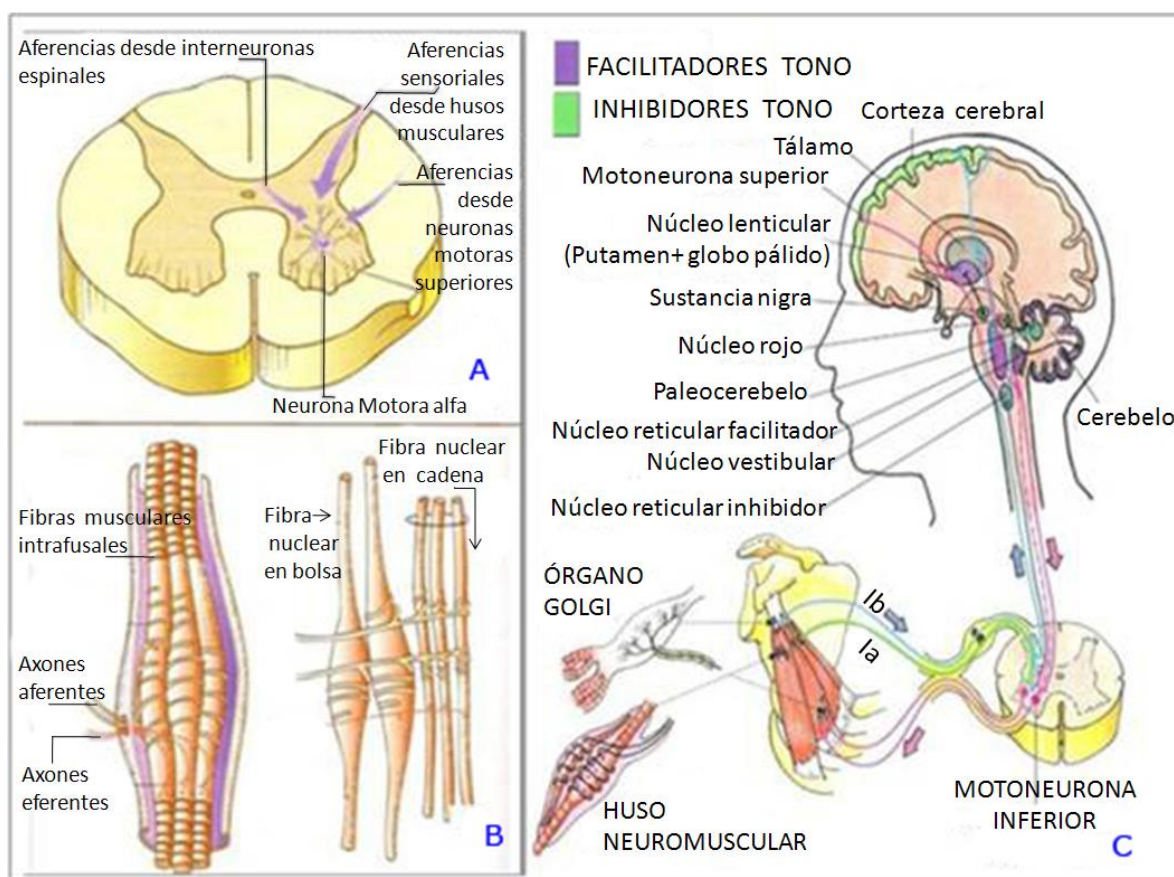


Figura 6: **A:** Esquema del reflejo miotático. **B:** Huso muscular. Fibras intrafusales del huso (Tomado de Fisiología del Ejercicio. Chicharro JL⁴¹). **C:** Mecanismo de activación y retroalimentación del tono muscular. Conducción de estímulos desde los propioceptores (husos neuromusculares y órganos tendinosos de Golgi) y la ubicación de los centros nerviosos supraespinales que regulan el tono muscular.

La coordinación general necesita de una armonía en el tono muscular, tanto en reposo como en movimiento. La coordinación no alcanza su perfeccionamiento hasta los

quince años de vida, por lo que existen posibilidades de entrenamiento y estimulación en edades tempranas. La coordinación general está referida tanto al trabajo corporal estático en una posición determinada y mantenida, como al dinámico o en los desplazamientos^{38,39}. La coordinación estática, sobre el cuerpo en reposo, viene dada por la interacción de los grupos musculares antagonistas, que se establece en función del tono (Fig. 6), y permiten la conservación voluntaria de las posturas. La coordinación dinámica es la que actúa cuando el cuerpo está en movimiento. Ambos tipos de coordinación están controlados por las vías nerviosas cerebelosas³³.

3.2. Aferencias periféricas en la regulación de la postura

Para la regulación de la postura se requiere de la existencia de un conjunto de entradas o aferencias que informan del exterior (exteroceptivas), y otras que informan del estado interior (interoceptivas), junto a un sistema de integración sensorial; y otro conjunto de salidas o estrategias motrices.

Los receptores posturales primarios, con funciones exteroceptivas y propioceptivas, informan al SNC del estado e inducen una respuesta postural específica en un momento determinado, modificando el estado de las cadenas biocinémicas musculares y en consecuencia el equilibrio osteoarticular^{42,43}.

3.2.1. Aferencias periféricas exteroceptivas

El hombre se estabiliza en su entorno utilizando todas las informaciones en relación con el ambiente que recoge a través de sus órganos sensoriales. Se pueden establecer tres entradas exteriores básicas: las que provienen del sistema visual, del sistema vestibular y del cutáneo, especialmente, de la planta de los pies.

3.2.1.1 Aferencias visuales

Los receptores visuales son sensibles a la gravedad y a la aceleración lineal. Esta información depende de la posición de la cabeza, del movimiento respecto al entorno y de la verticalidad. Es bien conocido el papel que juega la información visual en el control de las oscilaciones posturales. Éstas se incrementan cuando se cierran los ojos, haciendo que el sujeto se incline hacia delante para aumentar el margen de seguridad de su estabilidad³⁰.

3.2.1.2. Aferencias vestibulares

Los receptores del oído interno son acelerómetros, informan del movimiento y la posición de la cabeza, en relación a la línea de gravedad y la verticalidad del cuerpo. Por tanto, desempeñan un papel importante en el control de las oscilaciones posturales, y en el control de la actividad tónica postural ortostática³⁰. Las aferencias vestibulares convergen, junto a las aferencias visuales, en el tronco encefálico y en el cerebelo, estabilizando la mirada en respuesta a las rotaciones

de cabeza, regulando el tono muscular, y los movimientos de la cabeza y extremidades, ante un desequilibrio⁴⁴⁻⁴⁶.

3.2.1.3. Aferencias cutáneas

El sistema sensitivo, superficial y profundo, aporta información del medioambiente por el tacto y por la superficie en la que se apoya el individuo. En bipedestación, el contacto con el suelo se realiza por la planta del pie, la cual es extremadamente rica en receptores sensoriales, especialmente en barorreceptores, recibiendo estímulos táctiles, de temperatura y de presión. Por lo tanto, los pies suponen la primera entrada que aporta información sobre la gravedad, y a través de ellos podemos obtener el mapa de repartición de cargas³⁰. La entrada propioceptiva podálica, gracias al control del estiramiento de los músculos del pie y la rodilla, informa y sitúa al cuerpo en relación al pie. La entrada raquídea y la entrada propioceptiva podálica forman una continuidad funcional. Existe una extensa cadena propioceptiva que une los receptores cefálicos con los receptores podálicos y de hecho permite situar al oído interno y a los ojos, en relación a un receptor fijo que es el pie. Esto permite una codificación de la información espacio-témporo-cefálica³⁰. Actualmente, el aparato estomatognático también es considerado como un receptor sensorial⁴⁷.

3.2.2. Aferencias periféricas interoceptivas

Los interoceptores informan de aquello que sucede dentro del individuo, permitiendo reconocer en qué posición permanece el individuo y la situación de sus huesos, ligamentos, músculos y órganos.

La propiocepción es el proceso responsable de las variaciones de la contracción muscular, en respuesta inmediata a la información de entrada de las fuerzas externas¹⁰. Es, por tanto, la responsable de la información que surge del interior de nuestro organismo. Las endoentradas provienen fundamentalmente de los endorreceptores: husos neuromusculares, receptores tendinosos y articulares. Los husos neuromusculares son sensibles al estiramiento pasivo del músculo, rápido y de baja intensidad^{28,48}. Éstos se encuentran en mayor concentración en los músculos que mantienen la postura. Los órganos tendinosos de Golgi son más sensibles a los cambios de tensión. Ambos informan de la posición del cuerpo en el espacio y sobre la posición relativa de un segmento corporal respecto a otro (pierna con relación al tronco, vértebra en relación a la vértebra vecina, cráneo con relación a la pelvis), y sobre el movimiento respecto a una superficie horizontal. Los receptores articulares (corpúsculos de Pacini y terminaciones libres), se localizan en la cápsula de la articulación y se estimulan por cambios de presión y de tensión de la misma, en las posiciones extremas de la articulación. Estas estructuras informan sobre el movimiento articular y la tensión de las partes blandas. Son especialmente numerosos en la mano y el pie. La adecuada

información somatosensorial distal, desde los pies, permite seleccionar el control postural más adecuado y una correcta orientación antigravitatoria³⁰.

3.3. Sistemas de salida: efectores musculares

Después del proceso de integración de todas las aferencias sensoriales recibidas en relación a la postura ortostática, se decidirá la reacción adaptada a la perturbación. La musculatura central y periférica asegura la parte activa del control postural, oponiéndose a la acción de la gravedad, para restablecer el control neuromuscular y la estabilidad funcional. La distribución de los músculos responsables se entiende fácilmente por la cinemática articular, y la proyección del CG en el polígono de sustentación. Desde el punto de vista biomecánico, estos músculos serán aquellos que se opongan al momento de gravedad de los segmentos corporales subyacentes^{38,39}, ejerciendo su fuerza por la intervención de su componente viscoelástico (tono muscular), o mediante su reclutamiento automático (tono postural). El tono muscular normal es necesario para mantener la postura y para desarrollar un movimiento normal²⁸. La resultante de integración de las propiedades viscoelásticas del músculo, junto a las aferencias de los husos musculares, órganos de Golgi y de las órdenes motoras descendentes, condiciona el tono muscular. En relación al tono postural, Shumway-Cook et al⁴⁹ y Woollacott et al⁵⁰, lo definen como el nivel de actividad de los músculos antigravitatorios en bipedestación. El tono postural representa los patrones de tensión muscular que afectan a distintos grupos musculares que existen en el cuerpo, y que modifican su funcionamiento según la posición que adopte el cuerpo en el espacio^{28,51}. La regulación del tono muscular es un fenómeno reflejo que tiene lugar a nivel de la médula y se controla por el equilibrio entre los centros supraespinales inhibidores y facilitadores (Fig. 6). Cualquier desequilibrio en estos centros, o la pérdida de continuidad del arco reflejo, producirán alteraciones en el tono muscular. Éste también determina el funcionamiento del principio de inervación recíproca, coordinación intermuscular clave en la precisión de la actividad motora²⁹.

El sistema de control de la postura ortostática permite mantener el cuerpo erecto en equilibrio, dentro de unos límites mínimos estrictos, mediante pequeñas descargas de actividad muscular fásica⁵². Estos movimientos mínimos de oscilación en diferentes direcciones, se denominan balanceo postural o sobrebalanceo, y representa la generación de pequeñas fuerzas internas (tensión de la cápsula articular, tendones, ligamentos, etc.), derivadas de la posición y del tono muscular normal²⁴. En el esqueleto axial, los músculos extensores del raquis cervical y dorsal muestran una actividad antigravitatoria predominante. En el raquis lumbar y en la articulación de la cadera, el CG se localiza cerca de los cuerpos de las vértebras lumbares y por detrás de la articulación coxofemoral, de forma que se encuentran activos los músculos del plano anterior, y en mayor medida el psoasílico. En las EEII el CG se localiza por delante de

la articulación de la rodilla, lo que permite que en bipedestación ésta sea estable sin requerir actividad muscular, sólo con la tensión de los elementos articulares cápsulo-ligamentosos posteriores. En el momento en que la rodilla se flexiona, su estabilidad se alcanza mediante la activación de los cuádriceps^{53,54}. En relación al tobillo, el CG pasa anteriormente al eje articular de la articulación tibioperoneoastragalina, lo que implica una activación del tríceps sural (TS) para el bloqueo del pie en el suelo.

La postura constituye el soporte mecánico necesario para la ejecución del movimiento. La rigidez articular debe ser ajustada en dinámica de forma constante para permitir un movimiento con una base adecuada. Además durante el movimiento es necesario un buen control del equilibrio. Así pues, el control postural es necesario para ofrecer un marco de referencia para la organización del movimiento.

Ante el efecto perturbador del movimiento, y con el objetivo de prevenir o minimizar al máximo el desplazamiento del CG producido por la actuación constante de la fuerza de la gravedad, el SNC utiliza dos procedimientos, uno es el ajuste postural reaccional (reflejos), que tienen por finalidad poder readaptarse a la nueva situación, pero que se producen con cierto retraso, ya que requieren información sensorial (*feedback*)⁵²; y el otro procedimiento son los ajustes anticipados, mediados a través de redes nerviosas adaptativas y que acontecen antes de producirse la perturbación^{31,55}. Estos se producen a nivel central sin requerir la información de las aferencias sensoriales (*feedforward*)⁵². Estos ajustes anticipados cumplen tres funciones principales, (1) minimizar las alteraciones posturales en relación al equilibrio y orientación postural, (2) asegurar el marco postural para el movimiento y (3) ayudar al movimiento, generando fuerza y velocidad en los segmentos en movimiento^{56,57}. Para su ejecución es necesario que exista previamente un aprendizaje basado en la experiencia propia de sus efectos sobre el cuerpo, en la capacidad de reconocer el mundo exterior, y de conocer su relación con las propiedades biomecánicas del cuerpo, así como un conocimiento de la masa y textura de los objetos en el ambiente; informaciones todas ellas requeridas para obtener un control anticipatorio exacto. Las experiencias acumuladas por situaciones vividas anteriormente, van a favorecer el desarrollo de reacciones posturales, las cuales actúan en el sistema de *feedforward* aunque, en última instancia, su eficiencia dependerá de la fuerza muscular y del grado de movilidad de las articulaciones, ya que cualquier alteración de una de éstas conducirá, por si misma, a un desequilibrio⁵⁸. El aprendizaje permite también la construcción de nuevas redes adaptativas que van a asegurar el control de la acción, teniendo en cuenta el estado del sistema músculo-esquelético del entorno. Estas redes se sitúan fundamentalmente en el neocórtex, ganglios basales y cerebelo. La eficacia de una actividad motriz va a depender de la coordinación entre el movimiento y el ajuste postural, lo cual también se adquiere mediante el aprendizaje^{29,56,57}.

Por lo tanto, desde el nacimiento el individuo aprende progresivamente a controlar sus movimientos y cada movimiento nuevo se basa en los aprendidos anteriormente, y éste será, asimismo, la base de movimientos futuros. Hay una época idónea para la adquisición de nuevos gestos, durante la cual los niños “*absorben como esponjas*” el aprendizaje de un movimiento o una técnica o un gesto o una postura. Esta etapa especialmente sensible, está comprendida generalmente entre los 9 y 14 años. En base a la plasticidad del SN, este periodo podría ser el momento ideal para crear, asentar y automatizar, una gama amplia de estrategias posturales correctas que sirvan de base para futuros aprendizajes⁵⁹, y para automatizar patrones posturales correctivos.

4. FLEXIBILIDAD Y POSTURA

Además del componente genético, en la postura interviene de forma muy determinante la longitud y fuerza de los músculos. Mientras que la genética condiciona más la estructura ósea del esqueleto, los músculos condicionan más las posiciones del cuerpo y la función articular²⁴.

Muchas alteraciones posturales encontradas en la población se caracterizan por la presencia de puntos de tensión en varias partes del cuerpo, y por disminuciones en el rango de movimiento (RDM) en las articulaciones secundarias a acortamientos musculares. Por lo tanto, el análisis postural debe incluir tests para la valoración de la flexibilidad; de la misma manera que los programas de tratamiento postural deben integrar el trabajo en flexibilidad pasivo o activo, mediante un programa de ejercicios.

La longitud de un músculo está en función de la proporción de fuerza entre músculos agonistas y antagonistas⁸. La falta de equilibrio altera la proporción de fuerza de acción sobre las articulaciones y afecta su posición. Los métodos de tratamiento de los acortamientos musculares se basan en teorías neurofisiológicas que requieren que el músculo esté relajado para alcanzar su longitud efectiva¹⁰. Entre las múltiples causas que pueden conducir a acortamientos musculares se encuentran: (1) la falta de movimiento, (2) las posiciones fijas mantenidas durante largos periodos de tiempo, (3) los hábitos incorrectos repetidos, (4) los cambios en el tono muscular, y (5) las alteraciones en la transmisión sensorial de los receptores articulares y musculares al SNC, que actuando de forma integrada mantienen la alineación postural y aportan información sobre dónde y cómo se está produciendo el movimiento, sin requerimientos de los *feedbacks* visuales. Por tanto, los acortamientos musculares tendrán efectos adversos sobre el control motor y los patrones de movimiento, lo cual repercutirá en la actividad física y en las actividades de la vida diaria.

Para abordar el tratamiento de estos problemas es necesario conocer las cualidades del tejido muscular, sus componentes activos y pasivos y sus vías de conexión con el SNC. Los receptores propioceptivos contribuyen al control del tono

muscular y de la coordinación del movimiento, ya que son sensibles a la longitud muscular, a la velocidad del movimiento y a la tensión interna del músculo.

5. ALTERACIONES EN EL PATRÓN DE POSTURA NORMAL

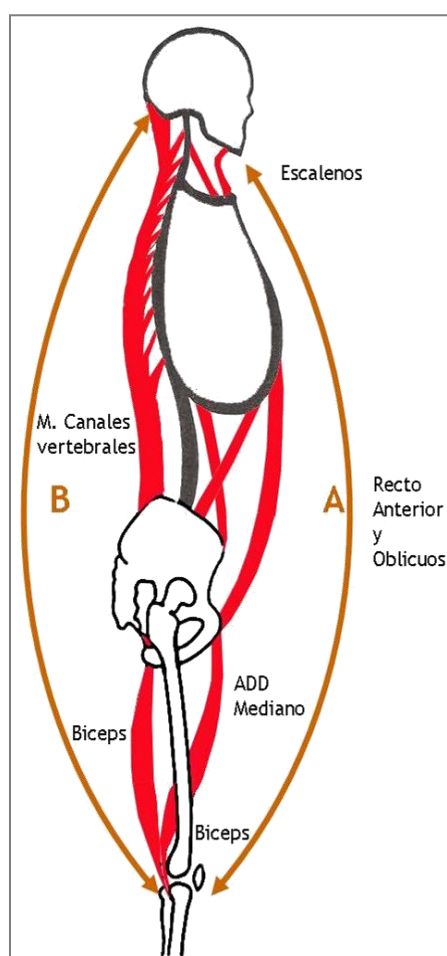
El ser humano se encuentra más adaptado a la "locomoción erecta" que a la "estación erecta"; de hecho la estación erecta prolongada e inmóvil es causa de alteraciones ortostáticas.

El mantenimiento de la alineación postural es fundamental, y la desorganización de un segmento del cuerpo implicará una nueva organización del resto, asumiendo así una postura compensatoria la cual también influirá en las funciones motoras dependientes³⁴. Cualquier posición que aumente el estrés sobre las articulaciones puede ser denominada "mala postura". En el caso de personas que presenten músculos fuertes y flexibles, la mala postura puede no afectar a las articulaciones, ya que la capacidad de éstas para cambiar de posición fácilmente, hace que el estrés no llegue a ser excesivo. Si las articulaciones son rígidas o demasiado móviles, y los músculos débiles, la postura puede ser fácilmente alterada ocasionando patologías o disfunciones. Cualquier desviación de los distintos segmentos corporales sobre los puntos de referencia del modelo postural ideal, aportará información sobre los grados de incorrección del alineamiento del sujeto. A la hora de interpretar las desviaciones sobre el patrón postural ideal, es necesario comprender que la presencia de desalineaciones no siempre va ligada a la existencia de limitaciones o alteraciones funcionales, ya que el alineamiento perfecto no es lo frecuente, ni siquiera en individuos sanos⁶⁰. Al realizar el análisis de la postura corporal se debe tener en cuenta los distintos factores que pueden modificarla: herencia, edad, sexo, medioambiente, hábitos posturales, cultura, religión, estado emocional, grado de actividad física, sedentarismo, características antropométricas, nivel de funcionalidad o de discapacidad, etc. El examen observacional de la postura permite cualificar y cuantificar la actitud postural y la alineación corporal del sujeto y valorar su posible repercusión en el movimiento y en las actividades diarias³⁶.

El equilibrio de la CV es esencial para el mantenimiento de la postura. En este equilibrio juegan un papel vital la morfología de los cuerpos vertebrales, la orientación de la pelvis y de las EEII, y la integridad anatómo-fisiológica de los discos intervertebrales, ligamentos y músculos; los cuales mediante mecanismos nerviosos, reflejos, propioceptivos, vestibulares y oculares, realizan de manera constante los ajustes necesarios para el mantenimiento de la postura y del equilibrio²⁵. Tanto el tono de los músculos motores como los elementos limitantes de la movilidad del raquis juegan un papel fundamental en su estabilidad, al mantener la cohesión de todos los

elementos integrantes; asegurando la postura e impidiendo sobrepasar la amplitud de los movimientos, más allá de los límites fisiológicos.

Así, en el plano sagital existen dos cadenas cinemáticas que van desde la pelvis hasta la base del cráneo: una anterior, constituida por el recto anterior del abdomen y los músculos escalenos (Fig. 7A); continuada en su parte inferior por el músculo aductor mediano y la porción corta del bíceps crural; y otra posterior, integrada por los músculos de los canales vertebrales (Fig. 7B) y caudalmente por la porción larga del músculo bíceps crural. Estas dos cadenas al funcionar en co-contracción aseguran la postura actuando, según la situación, como elementos activos de la movilidad o como elementos pasivos, limitantes o estabilizando la columna¹⁵.



En posición bípeda la musculatura postural está siempre activa, aunque el cuerpo esté perfectamente alineado, ya que existe una oscilación postural que produce un desplazamiento mínimo de la línea de gravedad, creando un momento de fuerza que, para que el cuerpo continúe en equilibrio, debe ser contrarrestado por la acción intermitente de los músculos erectores de la columna y los músculos abdominales¹⁵. El patrón de actividad de estos grupos musculares varía de un individuo a otro. El grado de las curvaturas sagitales de la CV (lordosis y cifosis) del sujeto determinará su postura, de forma que la alineación de la CV va a condicionar su función dinámica. El grado de movilidad de los segmentos vertebrales varía en los distintos niveles de la columna. Así, en el segmento lumbar es donde se alcanzan mayores valores de flexión anterior del tronco (20°), mientras los valores máximos de flexión lateral se alcanzan en los segmentos torácicos inferiores.

Figura 7. Cadenas cinemáticas de la CV¹⁵. **A:** Cadena cinemática ventral: escalenos, recto anterior y oblicuo mayor y menor, aductor mediano y porción corta del bíceps crural. **B:** Cadena cinemática dorsal: músculos de los canales paravertebrales, ligamento sacrociático mayor y músculo bíceps en su porción larga.

Los valores más altos para la rotación se alcanzan en los segmentos superiores de la columna dorsal (9°). El segmento cervical es el que tiene más movilidad en los tres planos del espacio, alcanzando el rango máximo en el movimiento de flexión lateral. El segmento lumbar de la CV es el que soporta mayores cargas y, por lo tanto, donde se localizan los dolores vertebrales más frecuentes y más intensos^{8,16}.

El movimiento pélvico es necesario para incrementar la rotación funcional del tronco. La elasticidad de la columna juega un papel muy importante en el movimiento, la deambulación y la carrera. A veces, la flexibilidad de la CV se ve alterada por la presencia de desviaciones indeseables, su detección en fases tempranas del desarrollo evitará problemas álgicos en edades posteriores de la vida, de ahí la importancia de los *screening* escolares. Estudios experimentales³² realizados en niños han puesto de manifiesto la importancia de la estabilidad pélvica, como elemento imprescindible en el mantenimiento de la orientación de los segmentos corporales en posición erecta y durante la locomoción^{16,31,34}. En las posturas incorrectas de la pelvis, ésta puede bascular anterior, posterior (Fig. 8) o lateralmente (Fig. 9). Las desalineaciones de la pelvis implican movimientos simultáneos de la región lumbar de la CV y de la articulación de la cadera; de tal forma que una báscula anterior de la pelvis (Fig. 8B) se relaciona con una postura cifolordótica; una báscula posterior con una espalda recta o arqueada (Fig. 8C y 8D); mientras que las básculas laterales de la pelvis se relacionan con incurvaciones de la CV en el plano frontal (Fig. 9A y 9B).

Para mantener el equilibrio corporal, una báscula anterior de la pelvis (Fig. 8B) obliga a correcciones posturales craneales y caudales, produciéndose una mayor lordosis lumbar, mayor cifosis dorsal, un desplazamiento en abducción de las escápulas, una extensión de la columna cervical y una proyección hacia delante de la cabeza. A nivel caudal, la cadera se flexiona, las rodillas estarán ligeramente hiperextendidas y el tobillo en ligera flexión plantar, debido a la inclinación hacia atrás de la pierna. Esta postura lordótica va a mantener acortados los músculos flexores de cadera y extensores del cuello. El acortamiento de los músculos de la región lumbar es menos prevalente debido a la constante elongación que muestran en la posición de sedestación⁸.

En la báscula posterior de la pelvis (Fig. 8C y D) la CV lumbar está recta, la CV dorsal en marcada flexión, la columna cervical ligeramente extendida y la cabeza hacia delante. En esta postura los músculos flexores de la cadera se encuentran elongados, mientras los músculos isquiosurales y abdominales se encuentran acortados o hipertrofiados. En ocasiones las rodillas tienden a flexionarse y el tobillo a realizar ligera flexión dorsal (FD)⁸.

Ante una báscula lateral de la pelvis se van a producir desalineaciones de los distintos segmentos corporales en el plano frontal, así, en los casos de inclinación lateral de la pelvis hacia la izquierda (Fig. 9B), se observará una convexidad izquierda de la CV dorsolumbar, aducción y depresión de la escápula derecha, CV cervical recta y cabeza recta, aunque en ocasiones puede aparecer ligeramente inclinada y rotada hacia la derecha; la cadera derecha en aducción y ligera rotación interna (ROTI), mientras la izquierda se encontrará en abducción.

Esta desviación de la CV hacia el lado opuesto de la cadera más alta suele aparecer entre los 8 y 10 años. El pie derecho estará más pronado. Muscularmente, tienden a la elongación y debilitamiento todos los músculos laterales izquierdos del tronco, abductores de la cadera derecha, aductores de la cadera izquierda, peroneos laterales de la pierna derecha y tibial posterior izquierdo⁸. Esta postura es propia de los individuos diestros. Lo contrario ocurre en los sujetos zurdos (Fig. 9C). Están descritos varios patrones de postura en función de la dominancia de una mano⁶¹. Estos patrones posturales de predominio de una mano se desarrollan a edades tempranas⁶².

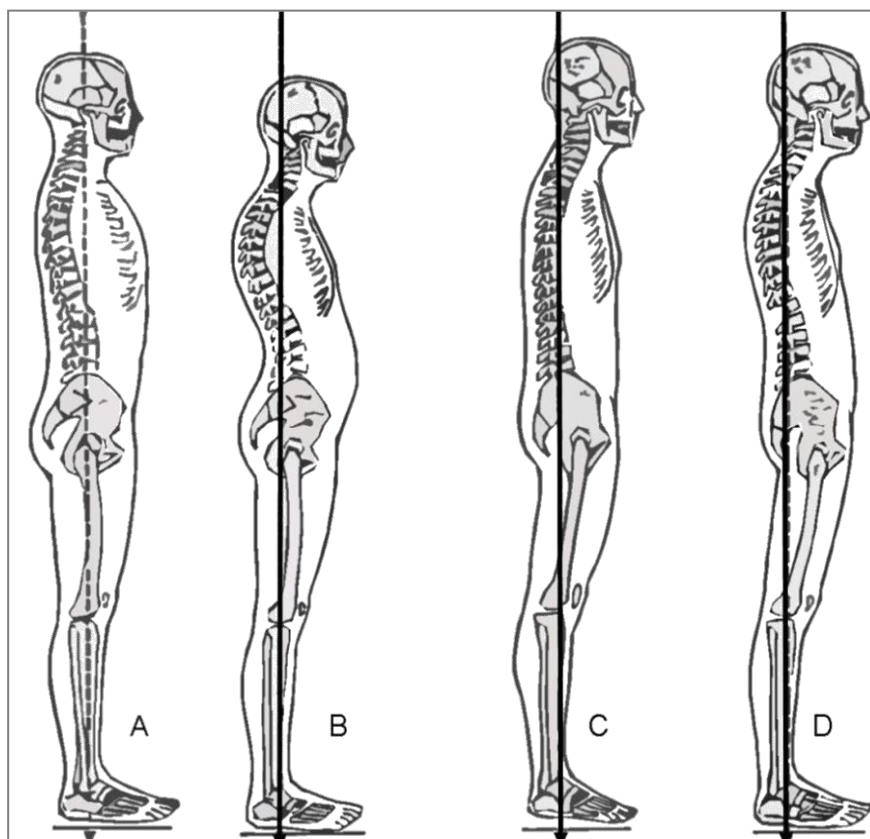


Figura 8. *Diferentes patrones posturales en el plano sagital. A: Postura ideal. B: Postura cifolordótica. C: Postura con espalda recta. D: Postura con espalda arqueada.*

Como ya se ha mencionado, hay que tener presente que muchas situaciones pueden conducir a una alteración de la postura ideal y que hay que valorar siempre la existencia de antecedentes traumáticos (fracturas, roturas y contracturas musculares, esguinces), daños orgánicos (raquitismo, parálisis), alteraciones psicológicas (actitud mental depresiva), factores hereditarios, el uso de indumentaria incorrecta (como el uso habitual de zapatos de tacón alto), de debilidades musculares por sedentarismo o inmovilización, y el mantenimiento de hábitos posturales incorrectos, transporte, tracción o elevación incorrecta de pesos, o el mantenimiento durante mucho tiempo de posiciones estáticas incorrectas. En este sentido, tanto el transporte de material escolar excesivo como el mantenimiento, durante largos periodos de tiempo, de posturas

inadecuadas en los escolares podrían ser causa de desvíos en el modelo de postura ideal, especialmente en estas etapas de crecimiento rápido^{17,63-65}.

La presencia de posturas inadecuadas puede provocar cansancio y/o dolor debido al desequilibrio que se genera en el sistema músculo esquelético, y al mayor gasto energético que requieren, tanto durante el movimiento como en reposo. Además, puede ocurrir que al tratar de restablecer el equilibrio corporal, se adopten nuevas posiciones o posturas que pueden conducir a intensificar o generar nuevas deformidades. Estas deformidades pueden llegar a ser incapacitantes desde el punto de vista estético y de orden funcional. Las alteraciones posturales pueden tener su origen, tanto en desalineaciones del sistema neuromusculoesquelético, como en alineaciones anormales de las articulaciones, o en deformidades de los huesos^{64,66-69}.

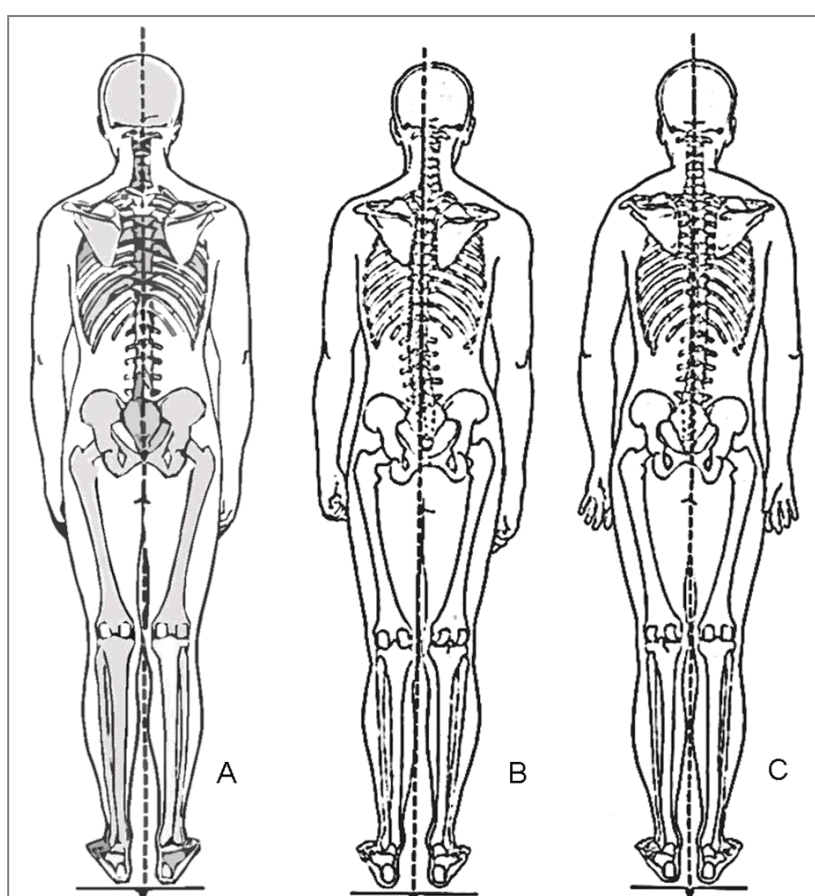


Figura 9. Patrones posturales en el plano frontal. **A:** Postura ideal. **B:** Postura con inclinación de la pelvis hacia la izquierda. **C:** Postura con inclinación lateral de la pelvis hacia la derecha.

5.1. Asimetrías de la cabeza y el cuello y su repercusión en la postura

Determinar la correcta alineación de la cabeza, respecto al tronco, ha sido objeto de múltiples estudios⁷⁰. La valoración de su posición es fundamental debido a la repercusión que tiene sobre su movilidad y sobre la coordinación con el tronco y los brazos. En condiciones normales la cabeza se debe mantener nivelada, en una posición de equilibrio correcto, que se valora tomando como referencia los ojos. La organización

de la postura y del movimiento de la cabeza está relacionada con el control de la mirada^{36,71}, ya que la cabeza contiene los sensores gravitacionales, vestibular y visual, por lo que su orientación en el espacio debe ser mantenida estable, constituyendo un marco egocéntrico de referencia para el equilibrio.

La cabeza contiene dos de los sistemas más importantes de percepción responsables del control del equilibrio, el sistema visual y el vestibular, los cuales juegan un papel determinante en el control del movimiento^{31,32,72,73}. Aunque la valoración clínica de la postura es por naturaleza subjetiva, hay estudios que cuantifican las relaciones de normalidad entre los distintos segmentos corporales de la cabeza, cuello y hombros^{36,74,75}. Braun et al⁷⁶, han determinado que la posición de la cabeza en relación al cuello muestra unos valores medios de neutralidad de unos 52°. Un parámetro utilizado para determinar su situación es el ángulo cabeza-cuello (formado por la línea C7-trago y borde del ojo-trago), que en condiciones de normalidad oscila entre 25 y 31°. Ante una disminución en este ángulo se producirá una postura con protrusión de la barbilla, lo que generará estrés en la columna cervical alta, pudiendo ser causa de cervicalgias^{77,78}. La cabeza debe estar alineada en los tres planos corporales respecto al tronco, a la cintura escapular, a la cintura pélvica y a la base de sustentación⁷⁶. Su desalineación puede relacionarse con alteraciones en la CV, desequilibrios musculares, alteraciones auditivas, problemas visuales, compensaciones posturales⁷⁹, etc. En un estudio realizado por Penha et al⁸⁰, en 132 niñas entre 7 y 10 años, la inclinación lateral de la cabeza se observaba en el 60% de las niñas analizadas. La evolución postural durante la infancia se caracteriza por un incremento en el desplazamiento anterior de la cabeza y de los hombros, lo cual debe ir acompañado de un desplazamiento hacia atrás del centro de masa del tórax, para mantener un adecuado equilibrio sagital²⁶.

En la cabeza adelantada, la hiperextensión de la columna cervical hace que los músculos extensores de la CV cervical y los trapecios superior y angular se encuentren retraídos, mientras que los flexores se encuentren en una posición elongada. Esta situación en muchas ocasiones, es consecuencia de una alteración en la CV dorsal, y el tratamiento de la musculatura cervical suele corregir al mismo tiempo la posición de la cabeza y de la CV dorsal^{8,61}. En muchas ocasiones, en una postura defectuosa el alineamiento de la cabeza no se modifica, pero sí está alterado el alineamiento del cuello. Si la CV cervical no está erguida sino curvada hacia la posición cifótica se produce extensión del cuello, manteniéndose la cabeza nivelada. Esta situación mantenida ocasionará problemas crónicos de cuello, problemas de alineamiento y de desequilibrio muscular. A estos factores hay que añadir que el cuello es extremadamente vulnerable al estrés emocional, relacionándose con mucha frecuencia con procesos dolorosos y calambres musculares⁸, sobre todo en jóvenes.

5.2. Asimetrías del tronco y su repercusión en la postura

La asimetría morfológica del tronco (en términos de gibosidad torácica, tóraco-lumbar o lumbar de la CV), tanto en el plano frontal como sagital, es un buen indicador de la actitud postural y del equilibrio postural. La asimetría del tronco puede ser debida a alteraciones estructurales de la propia CV, de la caja torácica, de los músculos paravertebrales, de las vísceras, del tejido adiposo, e incluso del pie⁸¹, de forma que es característica de cada paciente, en forma y evolución. También pueden ser secundarias a diferencias de longitud de las EEII.

5.2.1. Alteraciones de la cintura escapular

Las escápulas normalmente se localizan entre la segunda y séptima costilla. La espina escapular se ubica a la altura de la apófisis espinosa de la vértebra D3 y los bordes vertebrales se encuentran entre 5 y 7 cm de la línea vertical que une las apófisis espinosas^{10,82}. Respecto a su posición planar, en condiciones normales las escápulas se encuentran unos 30º-40º hacia delante respecto al plano frontal, y unos 10º-20º inclinadas hacia delante respecto al plano sagital, pero existe una amplia variabilidad interindividual⁸. En casos de hipercifosis se lateralizan, es decir, se colocan en abducción. Las escápulas también pueden estar protruidas, deprimidas, en abducción, en aducción o elevadas, simétrica o asimétricamente. Las escápulas en leve abducción y ligeramente aladas se pueden considerar normales en niños hasta los 8 años, pero nunca deben encontrarse a distinta altura lo cual sugiere cierto desequilibrio muscular^{77,78,83}.

La posición, ubicación y nivelación de las escápulas se debe valorar en el contexto del equilibrio de toda la cintura escapular. Los cambios en su posición condicionarán su movimiento, el cual es un componente esencial durante la elevación del hombro, así se sabe que la posición de la escápula sirve como base de apoyo para el húmero. Las posiciones incorrectas conducirán a alteraciones en la cinemática escapular, las cuales parecen predisponer a patología y dolor de hombro⁸².

También es necesario valorar la nivelación de los hombros y las asimetrías de la masa muscular de los trapecios⁸⁴. Las alteraciones en la cinemática de las escápulas y en la función de los músculos asociados, pueden contribuir a diferentes patologías del hombro como pinzamientos, inestabilidad glenohumeral y hombro doloroso⁸⁵. Un porcentaje muy elevado de pacientes con patología del hombro muestran discinesia escapular y alteraciones en la posición de descanso de las escápulas y en su dinámica⁸⁵.

5.2.2. Alteraciones de la columna vertebral y pelvis

Dado que la CV es, literalmente, la estructura ósea posterior de soporte de la postura erecta, su desarrollo estructural y funcional es determinante para las

adaptaciones al ambiente gravitacional en que nos movemos⁸⁶. La CV constituye el eje de sostén central del cuerpo: sostiene la cabeza y, junto a la caja torácica y la pelvis, forma el armazón al que se unen las extremidades superiores e inferiores.

La presencia de desviaciones de la CV repercutirá en la flexibilidad y funcionalidad de la misma, y van a alterar de forma notable la postura. Muchos son los elementos que pueden influir en la estática de la columna; su disposición anatómica es importante ya que hace referencia a las relaciones de posición y espacio de las estructuras neurales y las estructuras potencialmente lesivas⁸⁷. Todavía hoy en día es muy discutido el papel que juega la musculatura en la estática del raquis. Parece que en situaciones de cargas normales los músculos no desempeñan un papel muy importante, pero la protegen de lesiones a modo de férula⁸⁷. Las desviaciones de la CV deben valorarse tanto en el plano sagital como frontal.

5.2.2.1. Desviaciones de la CV en el plano frontal —Escoliosis—

En condiciones de normalidad en el plano frontal la CV debe presentarse recta y simétrica, sin grandes desviaciones. Algunos sujetos pueden mostrar una ligera incurvación lateral de la columna, generalmente a la altura de las vértebras torácicas tercera, cuarta y quinta, pudiendo ser su convexidad izquierda o derecha, indistintamente. Esto puede estar relacionado con la posición de la aorta o con la mano predominante^{2,15,62,88}. La columna permanece recta debido al mantenimiento de un delicado y precario equilibrio, el cual depende de un estado funcional y dinámico, simétrico. Los elementos clave, por tanto, serán la estructura ósea, los ligamentos, los mecanismos neuromusculares intrínsecos y, finalmente, el equilibrio y la simetría corporal general.

Las escoliosis pueden ser definidas como toda incurvación lateral, tridimensional, de la normal rectitud de la columna⁸⁸, asociada a una deformidad de los elementos vertebrales: modificaciones en los pedículos, en los procesos transversales y espinosos, en la lámina y en los cuerpos vertebrales. Además de los cambios vertebrales que se producen en la escoliosis, también se puede modificar el perfil sagital de la columna y la forma de la caja torácica. Aunque en un principio se pensó que la escoliosis se asociaba a cifosis^{86,87}, se ha visto que la zona más apical de una escoliosis torácica se asocia con una hipocifosis. La cifosis aparente es consecuencia de la alteración en la forma y orientación de las costillas del lado convexo, que hace que el tronco aparente ser cifótico^{2,10,15}.

Aunque para Fernández Sánchez et al⁶², la prevalencia de escoliosis leves alcanza el 9,4%, esta prevalencia disminuye notablemente en las escoliosis más graves^{89,90}, estimándose entre un 2-3 por 1.000, para deformidades mayores de 20°-30°. Los factores etiológicos involucrados en el desarrollo de una escoliosis son numerosos (Tabla 1), sin embargo, la mayor parte de las escoliosis no tienen

una causa conocida, observándose en niños sanos sin que pueda llegar a establecerse una causa. Este tipo de escoliosis idiopáticas con curvas menores de 10° , muestran prevalencias que oscilan entre 1 y 3 por 100, con una proporción igual entre mujeres y hombres⁸⁸, mientras que para curvas mayores de 30° la prevalencia es mucho más baja, con una proporción niño/niña de 1/8.

En las escoliosis no estructuradas, la CV es flexible y la curva desaparece a la flexión del tronco (Test de Adams negativo) y en decúbito⁹¹, es el caso de las escoliosis posturales del adolescente o las debidas a disimetrías en las EEII. Éstas nunca se acompañan de rotación de los cuerpos vertebrales.

TABLA 1. ETIOLOGÍA DE LAS ESCOLIOSIS EN FUNCIÓN DE SU ESTRUCTURACIÓN ¹⁵	
Escoliosis NO estructuradas	Escoliosis Estructuradas
Escoliosis Postural Escoliosis por Dismetrías	Escoliosis Idiopática: <i>Infantil</i> : antes de los 3 años <i>Juvenil</i> : de los 3 a los 10 años <i>Adolescente</i> : de 10 años hasta la madurez
Se caracterizan por desaparecer en decúbito.	Escoliosis Congénita Escoliosis Neuromuscular Escoliosis Mesenquimatosa Escoliosis Reumáticas (AR) Escoliosis Osteocondrodistrófica Escoliosis Neurofibromatosa Escoliosis Metabólicas Escoliosis Traumática Escoliosis Tumoral

Sin embargo, las escoliosis estructuradas presentan una rotación de las vértebras centrales de la curva, de forma que los cuerpos vertebrales sufren un giro hacia el lado de la convexidad mientras que los arcos costales posteriores se desvían hacia la concavidad. Esto produce una mayor prominencia de las costillas en la convexidad lo que origina una giba paravertebral visible en la espalda, especialmente cuando se flexiona la columna (Test de Adams positivo). En las escoliosis idiopáticas el factor genético es determinante, con una forma de herencia multifactorial posiblemente transmitida por un gen autosómico dominante con penetrabilidad incompleta, lo que explica que no se manifieste en todas las generaciones. Para realizar el diagnóstico de escoliosis la curva debe tener un valor entre $7-10^\circ$ Cobb en niños menores de 10 años, y de 20° Cobb para niños de esta edad o mayores⁸⁸. Cuando existe una curvatura de menor grado, se habla de "asimetría raquídea". Aproximadamente el 80% de las curvas escolióticas son idiopáticas^{86,88,92}. Nájera et al⁹³, refiere prevalencias de actitudes escolióticas del 6,5%.

Las escoliosis se clasifican en función de la edad de presentación en escoliosis congénita (presente en el momento del nacimiento), escoliosis idiopática infantil (desde el nacimiento hasta los 3 años), escoliosis idiopática juvenil (desde los 3 años hasta los 10 años), escoliosis idiopática del adolescente (desde los 10 años hasta el final del crecimiento) y, por último, escoliosis del adulto (Tabla 1).

La escoliosis idiopática juvenil supone entre un 12 y un 31% de todas las curvas idiopáticas⁹⁴. Se desarrolla por igual en ambos sexos. La mayoría de las curvas son torácicas derechas, muy flexibles y de moderada intensidad. En los primeros años muestran poca tendencia a la progresión pero es necesaria una estrecha vigilancia al acercarse a la adolescencia, cuando el brote de crecimiento puede hacer progresar la curva rápidamente⁸⁸.

La escoliosis idiopática del adolescente (EIA) se descubre por encima de los 10 años, coincidiendo con el estirón asociado a la pubertad. Es la forma más común de escoliosis, suponiendo el 89% de todas las escoliosis idiopáticas⁸⁸. Su prevalencia se estima entre un 2 y un 3%. Sin embargo, la prevalencia desciende a medida que se incrementa la intensidad de la curva. Así, las curvas de 20° tienen una prevalencia de aproximadamente un 0,5%, mientras que curvas de 40° tienen una prevalencia de sólo un 0,1%⁹⁴. La EIA es más frecuente en niñas que en niños, con una proporción de 9:1 para las curvas mayores de 40 grados⁹⁴. Este es el periodo de desarrollo donde se diagnostican mayor número de escoliosis, debido a la gran aceleración de los cartílagos de crecimiento lo que favorece que las curvas preexistentes sufran un incremento que, generalmente, continuará hasta la madurez esquelética. Las curvas suelen seguir patrones tipos, que determinan su gravedad, evolución y pronóstico. Estas curvas se definen según la altura donde se localicen y hacia donde esté dirigida la convexidad. Las curvas torácicas inferiores a 15° tienen poca repercusión estética⁹⁴, siendo escasas las alteraciones costales, en la altura de los hombros y en el desequilibrio del tronco. No suelen ser progresivas por lo que no requieren tratamiento^{86,94}. Las curvas lumbares no suelen ser deformantes hasta los 45° Cobb y suelen responder bien al tratamiento con corsé. Cuando las curvas son múltiples la deformidad estética es menor. Los niños con escoliosis leves deben ser estrechamente vigilados ya que mientras exista crecimiento potencial, puede producirse un empeoramiento muy rápido de la deformidad. Una vez finalizada la maduración ósea, en términos generales, la deformidad ya no progresará más¹⁵. Entre los factores de riesgo de progresión de una curva escoliótica se incluye: el género femenino, curvas mayores de 50° en la madurez, el tipo de curva y la etapa de crecimiento en la que se encuentre el niño. Como se ha mencionado anteriormente, el momento de mayor riesgo de progresión es el estirón prepuberal, y este riesgo puede ser

clínicamente calculado por la edad (por término medio las mujeres crecen hasta los 14 años de edad y los niños hasta los 16 años), la situación de la menarquia (el crecimiento es más rápido en los 6 meses anteriores a la menarquia y termina, por término medio, dos años después de la misma), y de la velocidad de la altura máxima⁸⁸. El potencial de crecimiento se valora clínicamente por el estadio de maduración sexual de la Escala de Tanner, y radiográficamente por el cierre de los cartílagos de crecimiento del radio y la osificación de la cresta ilíaca (test de Risser). También se utilizan varios marcadores esqueléticos en la mano y codo y se analizan las características del curva, siendo las curvas mayores de 30° y con el ápex por encima de la vértebra D12, las que tienen mayor riesgo de progresar⁸⁸.

Aunque la progresión de la curva escoliótica parece detenerse con la finalización del crecimiento, existen algunos estudios que demuestran que hasta el 68% de las curvas pueden progresar a lo largo de la vida⁹⁵, siendo posible su progresión incluso con un ritmo de un 1° por año cuando se trata curvas torácicas mayores de 50° Cobb y con rotaciones superiores al 30%. En las curvas lumbares la progresión va depender de valor angular (>30°) y del grado de rotación vertebral (>33%)⁹⁵. Las curvas tóraco-lumbares suelen presentar un mayor componente de rotación vertebral por lo que su tendencia a la progresión es mayor. De forma general se puede decir que las curvas menores de 30° al finalizar el crecimiento no suelen progresar, por el contrario curvas entre 50° y 80°, sobre todo torácicas, presentan mayor tendencia a la evolución, por lo que requieren una estrecha vigilancia.

5.2.2.2. Desviaciones de la CV en el plano sagital

Las desviaciones del raquis en el plano sagital observadas con mayor frecuencia en los niños son las cifosis torácicas, dorso curvo o espalda arqueada, y a nivel lumbar la rectificación lumbar y la hiperlordosis lumbar. Aunque las ondulaciones lordóticas y cifóticas del raquis varían desde el occipucio hasta la pelvis en individuos asintomáticos, el equilibrio del raquis en el plano sagital se mantiene sobre la pelvis y las cabezas femorales en unos márgenes muy estrechos.

La cifosis torácica se extiende desde la vértebra T1 a T12, la cifosis tóraco-lumbar abarca desde la T10 hasta L2 y la cifosis lumbosacra desde T12-L1 hasta S1. Afecta por igual a ambos sexos aunque la aparición es más precoz en las niñas (14 años) que en los niños (16 años). Otros autores establecen una menor prevalencia en mujeres de 15-16 años²⁰.

Por su origen, las cifosis se clasifican en posturales (actitudes cifóticas, 30%), esenciales o idiopáticas (35%), congénitas (20%) y adquiridas (15%). Las actitudes cifóticas posturales se relacionan con actitudes viciosas de naturaleza

diversa: trastornos visuales (p. ej., miopía), que obligan al niños a inclinarse sobre el libro; hipertrofias de la glándula mamaria en las niñas, que las hace flexionar el tronco más por una actitud de disimulo que por el exceso de peso que supone; hiperlaxitud; hipotonías musculares o, simplemente, cifosis constitucionales.

La deformidad de la CV más frecuente en niños y adolescentes es, junto a la escoliosis, la cifosis torácica de Scheuermann. Esta patología se diagnostica en base a criterios radiográficos a nivel de tres vértebras adyacentes con 5º grados de acuñamiento de los cuerpos vertebrales⁹⁶. Se desarrolla antes de la pubertad, generalmente en edades comprendidas entre los 12 y 15 años, haciéndose más prominente durante estirón prepuberal (Fig. 10). Suelen existir antecedentes familiares con un patrón de herencia autosómica dominante con alta penetrancia y expresividad variable⁹⁷. Aunque todavía no se conoce exactamente la causa exacta de esta alteración se han sugerido varias teorías, como un incremento de la hormona de crecimiento, defectos en las fibras de colágeno que ocasionarían una debilidad de los platos vertebrales, estrés mecánico de tejidos, traumatismos, deficiencias nutricionales, poliomielitis y epifisitis^{97,98}. Se ha relacionado la enfermedad de Scheuermann con la talla y el peso del niño, observándose en general que los niños con esta patología son más altos y pesan más que los niños sanos de su misma edad y sexo⁹⁶, aunque no parece que estos factores puedan incrementar la morfología de la curva cifótica, por lo que se deduce que ninguno de ellos forman parte del mecanismo etiopatogénico, sino que resultan de un efecto de cascada. La talla elevada y el exceso de peso podrían estar relacionados con alteraciones hormonales, y éstas sí que podrían jugar un papel clave en el desarrollo de la enfermedad.



Figura 10. Niño con hiperCIFosis dorsal y Test de Adams lateral positivo. Obsérvese como se quiebra el arco normal de la espalda a nivel dorsal (Imagen modificada, disponible en la World Wide Web en: www.orthoinfo.aaos.org/topic.cfm?topic=A00423).

Los sujetos con esta patología muestran importantes alteraciones de la estática postural: proyección de la cabeza y de los hombros hacia delante, proyección y prominencia de las escápulas hacia detrás, aplanamientos del tórax

por delante (incluso hundido), abultamiento abdominal con incremento de la lordosis compensatoria y báscula anterior de la pelvis. En ocasiones todas estas desalineaciones posturales se acompañan de dolor^{94,98-103}. Está descrito que el dolor en las alteraciones cifóticas del raquis oscila desde un 8% en las cifosis esenciales, hasta un 40% en la enfermedad de Scheuermann, siendo la hipercifosis torácica significativamente más sintomática^{20,104}.

Otra de las desalineaciones sagitales de la CV muy frecuentes en el segmento lumbar, es el incremento de la lordosis fisiológica o hiperlordosis lumbar. A esta hiperlordosis lumbar se asocia siempre una báscula anterior de la pelvis. Como compensación, en el segmento torácico de la CV se puede observar una rectificación o también una compensación mediante hipercifosis torácica⁸. Las causas que se relacionan con una hiperlordosis lumbar se describen en la Tabla 2. La hiperlordosis lumbar cursa con tensión de los músculos extensores de la región lumbar y estiramiento de los músculos abdominales. En estos casos será muy importante potenciar la musculatura abdominal y estirar la musculatura lumbar. La CV lumbar está intrínsecamente relacionada con el equilibrio de la pelvis, siendo ésta el punto de unión entre la CV y las EEII, por lo que juega un papel preponderante en el análisis de la postura. El equilibrio de la pelvis depende de los músculos anteriores y posteriores que la mantienen alineada, es decir, por el recto del abdomen, oblicuo externo, psoasílico, tensor de la fascia lata y recto femoral, por la parte anterior, y por la parte posterior los extensores de la espalda y de la cadera (glúteo mayor e isquiopoplíteos)⁸.

El equilibrio de la pelvis es de vital importancia en el mantenimiento de la posición bípeda. En condiciones normales, la inclinación anterior de la pelvis hace que la base del sacro forme con el plano horizontal un ángulo de 20º-30º y que la alineación de las EIAS, EIPS y ombligo, sean paralelos y equidistantes¹⁰⁵.

TABLA 2. PRINCIPALES CAUSAS DE INCREMENTO DE LA LORDOSIS LUMBAR⁸
Retracción de los músculos flexores de la cadera y espinales bajos
Debilidad de los músculos abdominales (recto mayor, oblicuo externo, interno, y transversal) y glúteos (sobre todo el mayor).
Hiperextensión de las rodillas
Protrusión abdominal
Calzado de tacón alto

En los bípedos la faja pélvica funciona como una conexión firme entre CV y las EEII, gracias a la fusión de las vértebras sacras que incrementan la estabilidad estática, y al mayor desarrollo del músculo glúteo mayor, principal interventor de nuestra posición erguida. Así, Lovejoy et al¹⁰⁶, afirma que "la necesidad de

estabilizar el tronco superior en humanos, marcó los cambios musculares más drásticos para la adquisición de la postura bípeda; la transformación del glúteo mayor de un músculo muy pequeño en el chimpancé, al músculo más grande en humanos". Además del importante papel que juega la musculatura, entre pelvis, sacro y CV lumbar existe una fuerte conexión fibrosa, esto hace que la movilidad normal de la articulación sacroiliaca (ASI) sea muy limitada, permitiendo unos 4° entre máxima nutación y contranutación¹⁶. La nutación se incrementa en bipedestación estática, sobre todo en casos de hiperlordosis¹⁰⁷, mientras la contranutación ocurre en situaciones de descarga, fundamentalmente en decúbito y sedestación, y se incrementa notablemente cuando la región lumbar se aplanan. El esfuerzo de tensión en la ASI se previene mediante la combinación de las características de la articulación y la compresión generada por las estructuras musculares y ligamentosas, las cuales se acomodan a situaciones de carga específicas. Este mecanismo preventivo se conoce como modelo del mecanismo de autobloqueo (Fig. 11), en el que juegan un papel muy importante las estructuras ligamentosas de la pelvis¹⁶.

Las conexiones anatómicas entre ligamentos y músculos con funciones opuestas pueden servir como mecanismo para evitar la excesiva distensión de las estructuras pasivas. Las estructuras que rodean la pelvis también pueden influir sobre la capa posterior de la fascia tóraco-lumbar, la cual cubre los músculos posteriores desde el sacro hasta la región torácica, llegando incluso a la fascia de la nuca¹⁶.

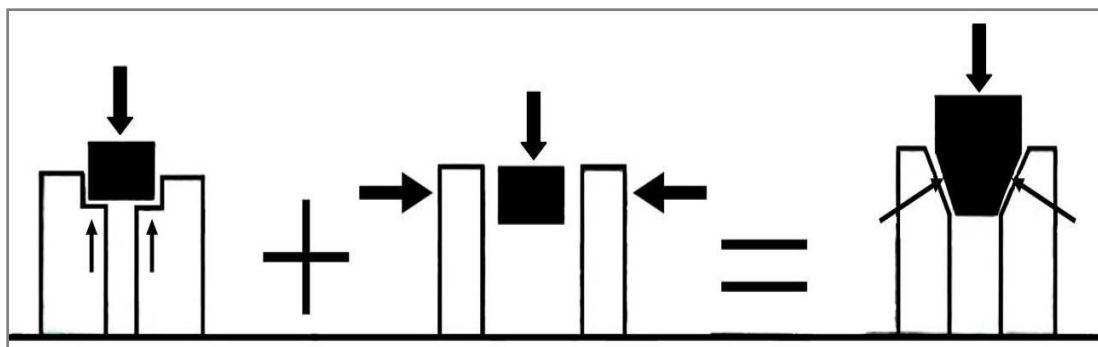


Figura 11. Modelo de mecanismo de autobloqueo: la combinación de cierre por forma anatómica y por fuerzas, estabiliza la ASI. Tomado de Vleeming A¹⁶.

El conocimiento de los mecanismos asociados entre columna, pelvis, piernas y brazos es esencial para comprender y detectar disfunciones del aparato locomotor en el hombre, especialmente disfunciones de la columna lumbar. Una pelvis muscularmente inestable puede alterar las conexiones, y por ende la postura, lo cual mantenido en el tiempo puede llegar a producir lumbalgias por cargas anormales en los discos lumbares, debidas a la contranutación asociada a la posición supina y el aplanamiento de la CV en bipedestación y sedestación, y

que al perpetuarse en el tiempo puede favorecer la aparición de hernias discales. En este sentido, las lumbalgias inespecíficas pueden ser prevenidas y tratadas, modificando la postura y aplicando métodos de trabajo específicos¹⁶.

5.3. Heterometrías de las EEII y su repercusión en la postura

El crecimiento en longitud de los miembros inferiores es un proceso dinámico que depende, fundamentalmente, del cartílago de crecimiento. Aunque esta alteración es bastante frecuente en la población general, la prevalencia exacta no se conoce, ya que en muchas ocasiones pasa desapercibida por ser asintomática¹⁰⁸. El impacto de una discrepancia en la longitud de las extremidades (disimetría o dismetría) sobre las alteraciones músculo-esqueléticas ha sido objeto de numerosos estudios¹⁰⁸⁻¹¹⁰. Las disimetrías pueden ser anatómicas (congénitas) o funcionales (adquiridas)^{108,109}. En las disimetrías anatómicas existe una alteración estructural de los huesos largos de las EEII, de forma que la extremidad resulta más corta cuando se mide radiológicamente desde la cabeza del fémur hasta la mortaja tibioperoneoastragalina, comparándola con la pierna contralateral. Las causas pueden ser múltiples: displasia congénita de cadera, malformaciones vasculares, síndromes de hipoplasia, reparación de una fractura, malposiciones de prótesis, infecciones, etc^{108,109,111,112}.

Existen disimetrías funcionales^{109,110} por causas musculares, por rigideces articulares de la articulación de la cadera o de la rodilla, por inclinaciones pélvicas, o por alteraciones biomecánicas secundarias a una pronación anormal en el pie^{109,113}. Las manifestaciones clínicas, no siempre presentes, van a depender de la magnitud de la disimetría, de la oblicuidad pélvica y desviación de CV, de la presencia de contracturas y de las repercusiones sobre la marcha: flexión de la extremidad larga o equino de la corta; circunducción de la extremidad larga o "salto" de la corta en la fase de apoyo. La función muscular se relaciona con una musculatura retraída de la extremidad más larga, de los músculos laterales del tronco y aductores de la cadera ipsilaterales y abductores de la cadera contralateral, y tendencia a la elongación de los músculos abductores de la cadera ipsilateral y contralaterales del tronco y aductores de la cadera contralateral^{8,109,113}.

Existe controversia para determinar qué grado de disimetría debe ser tratado, lo que va a depender de la magnitud de la discrepancia y su predicción al finalizar el crecimiento. Diversos autores establecen que las discrepancias entre 0 y 1 cm, no precisan tratamiento; entre 2 y 6 cm, se suelen compensar con un alza en el calzado (2 cm en el interior del calzado y el resto por fuera), o con epifisiodesis o acortamiento. Durante la etapa de crecimiento se debe aconsejar al niño que distribuya uniformemente el peso de su cuerpo sobre las dos EEII, intentando mantener la pelvis nivelada y que evite estar en posición estática cargando todo el peso de su cuerpo sobre la pierna más larga. El impacto de una disimetría sobre las alteraciones músculo-

esqueléticas ha sido objeto de numerosos estudios^{109,113,114}, ya que la presencia de estas discrepancias durante el desarrollo madurativo puede alterar la postura y la coordinación estable entre ambas piernas, requisitos necesarios para el desarrollo normal de la marcha. Las disimetrías se relacionan con una mayor predisposición a lesiones en la piernas por sobreuso¹¹⁵, a fracturas de estrés en la extremidad más larga¹¹⁶, a mayor riesgo de lumbalgias¹¹⁷ y de escoliosis¹¹⁴, sobre todo en las disimetrías mayores de 22 mm, y a alteraciones en la funcionalidad del pie¹¹³.

5.4. Alineación de las extremidades inferiores y su repercusión en la postura

La alineación correcta de las EEII es necesaria para asegurar su funcionalidad⁷⁰, y la proyección del CG sobre la base de sustentación. Por el contrario, las desalineaciones en las EEII desplazan el CG, incrementándose las demandas en el control postural y aumentando la predisposición a determinadas patologías. Numerosos estudios relacionan las alteraciones estructurales de las EEII con una mayor predisposición a lesiones específicas¹¹⁸. Así, se ha visto que en las mujeres corredoras, simplemente por las características anatómicas de las EEII propias del género femenino^{119,120}, fundamentalmente manifestadas en la articulación de la cadera y rodilla (aumento de la aducción y ROTI de cadera y de un mayor valgo fisiológico de rodilla), muestran un riesgo doble que sus congéneres masculinos, de sufrir alteraciones patelo-femorales, síndrome de fricción de la cintilla iliotibial y fracturas de estrés de la tibia, como consecuencia de las exigencias biomecánicas de los patrones de movimiento en carrera¹²¹.

La alineación angular de las EEII debe valorarse en los tres planos del espacio: *genu valgo*, *genu varo*, *genu recurvatum* y *genu flexum*. Las alteraciones rotacionales de las EEII también conducen a alteraciones posturales importantes. Es necesario tener en cuenta que los imbalances musculares de las EEII también pueden conducir a alteraciones posturales¹¹³.

5.4.1. Alteraciones angulares de las EEII

La evolución del eje de la pierna está influenciada por cambios en las fuerzas compresivas que actúan sobre los cartílagos de crecimiento, mientras el niño adopta la postura erecta. La alteración en esta evolución generalmente es idiopática, pero debe evaluarse cuidadosamente para diferenciar los procesos fisiológicos de aquellos patológicos¹²². Durante el desarrollo músculo-esquelético del niño existen variaciones fisiológicas en la alineación angular de la rodilla, ángulo femorotibial o eje anatómico de las EEII (Tabla 3), de forma que el niño muestra un *genu varo* fisiológico hasta la edad en que comienzan a caminar, éste se va corrigiendo hasta la edad de 2 años, pasando a desarrollar un *genu valgo* hacia los 3-4 años (valgo de unos 10°), el cual debe estar corregido definitivamente entre los 6 o 7 años, hasta alcanzar el valgo fisiológico del

adulto que varía según el sexo, siendo ligeramente mayor en mujeres que en los varones, debido a las diferencias morfológicas de la pelvis; así en la mujer se habla de *genu valgo* para angulaciones fémoro-tibiales mayores de 9° y de 6° en el varón. Este hecho hace que las mujeres soporten mayores momentos de fuerza valguizantes los cuales se asocian a mayor ROTI y flexión de cadera y a un mayor ángulo de valgo al inicio del apoyo, haciéndolas más vulnerables a lesiones del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA)^{118-120,123,124}. Por lo tanto, minimizar los momentos valguizantes durante la realización de actividades deportivas parece determinante para prevenir lesiones del LCA, especialmente en mujeres^{119,123,125-128}.

TABLA 3. EVOLUCIÓN NORMAL DE EJE FEMOROTIBIAL¹²⁹
0-1 años: <i>genu varo</i> (hasta 16°) y rotación interna tibia
1-2 años: normoeje
2-3 años: <i>genu valgo</i> (11°-27°)
3-6 años: disminución del valgo de rodilla hasta valores normales del adulto (5-6°).

Las deformidades idiopáticas en valgo de la rodilla (rodillas en X), en niños y adolescentes, son un motivo frecuente de consulta en la práctica ortopédica. Los cambios en la alineación del eje de las EEII se consideran como propios del desarrollo normal y con tendencia a su corrección espontánea con el crecimiento, por ello en muchas ocasiones tienden a ser subestimadas (Tabla 4). En función del grado de desalineación, o cuando el *genu valgo* es asimétrico, se requiere una minuciosa valoración de la magnitud y evolutividad, ya que pueden ocasionar no sólo alteraciones estéticas y posturales, sino también funcionales, por lo que necesitan un tratamiento específico^{119,120,123,128}. En individuos con *genu valgo*, durante la marcha va a generar un desequilibrio de fuerzas en la articulación de la rodilla, haciendo que el peso del cuerpo se soporte principalmente en la zona interna de las superficies articulares, sometiendo así al ligamento lateral interno a una tensión considerable y favoreciendo que la articulación de la rodilla sea más inestable y por tanto más propensa a sufrir lesiones. Entre las causas que pueden dificultar la corrección espontánea del *genu valgo* en el niño se encuentra el desarrollo defectuoso del cóndilo femoral lateral, una excesiva laxitud del ligamento colateral medial de la rodilla, la presencia de pies planos y la obesidad. Sin embargo, la causa exacta no es conocida.

El *genu valgo* se asocia a una mayor tendencia a la abducción de cadera y rodilla, por lo que este defecto postural suele favorecer una función predominantemente en el tensor de la fascia lata, y de los componentes laterales de la articulación de la rodilla, que tienden a retraerse, mientras las estructuras mediales de la articulación de la rodilla tienden a la elongación. El *genu valgo* se asocia a pies planos y pronación de la articulación subtalar¹³⁰.

TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DEL *GENU* VALGO PATOLÓGICO¹²⁹

Distancia Intermaleolar >9 cm
Ángulo muslo-pierna >10° en valgo
Ángulo fémoro-tibial >7° en niños >7 años (radiográficamente)
Ángulo fémoro-tibial >9° en niñas >7 años (radiográficamente)

El dolor casi nunca está presente a edades tempranas, por lo que una detección precoz de esta alteración permitirá un abordaje terapéutico conservador, mientras que en adolescentes un *genu* valgo estéticamente inaceptable debe ser tratado quirúrgicamente.

En las piernas arqueadas (*genu* varo), el eje de la pierna queda por dentro de las rodillas, permaneciendo éstas separadas cuando los pies se encuentran en contacto (Tabla 5). La angulación en varo en niños es normal hasta el comienzo de la deambulación, *genu* varo fisiológico. Ésto y la ROTI de la tibia se asocian con frecuencia, comenzando a corregirse hacia los 18 meses. Esto se pone de manifiesto clínicamente por una disminución gradual de la distancia entre las rodillas cuando los tobillos permanecen juntos con las rótulas mirando hacia adelante. Algunos autores consideran un *genu* varo patológico cuando la distancia intercondílea es mayor de 3 cm¹²⁹. En dinámica, los individuos con *genu* varo se comportan a la inversa a lo descrito para el *genu* valgo, es decir, generan mayor tensión en el compartimento externo de la articulación predisponiendo al sujeto a lesiones en el ligamento lateral externo.

TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DEL *GENU* VARO PATOLÓGICO¹²⁹.

Distancia Intercondílea >3 cm
Ángulo muslo-pierna >15° en varo
Ángulo fémoro-tibial >15° (radiográficamente)
<i>Genu</i> varo de cualquier magnitud en un niño >24 meses

En este defecto postural los músculos rotadores internos de la cadera, el cuádriceps y los músculos eversores del pie, mostrarán una tendencia a la retracción, mientras los rotadores externos de la cadera, poplíteos, tibial posterior y flexor largo de los dedos del pie, tienden a la elongación. A la hora de tratar las alteraciones musculares se debe evitar siempre la hiperextensión de la rodilla.

Se debe diferenciar el *genu* varo estructural de un arqueamiento postural, el cual se asocia a hiperextensión de rodillas y a ROTI de la cadera. Este defecto generalmente se debe a un mecanismo de compensación de un *genu* valgo, de forma que para evitarlo se produce hiperextensión de las rodillas y se genera un *genu* varo postural, así

el niño consigue juntar los pies. Normalmente, al flexionar la rodilla este defecto tiende a desaparecer. El diagnóstico diferencial se realiza colocando al sujeto en decúbito supino para ver si desaparece el arqueamiento compensador o permanece el *genu varo*, si es estructural¹²⁹. Al contrario que el *genu valgo*, el *genu varo* se asocia a pies con un arco alto y supinación de la articulación subtalar¹³⁰.

Las desalineaciones de la rodilla en el plano sagital también van a alterar la postura, por lo que este aspecto debe ser analizado siempre. En el *genu recurvatum* la rodilla está hiperextendida más allá de los valores normales (5-10°). Suele estar asociado a un equino de tobillo, por lo que los músculos con tendencia a la retracción van a ser el cuádriceps y TS, mientras tienden a la elongación el músculo poplíteo y los isquiosurales¹³¹. Puede ser consecuencia de alteraciones óseas o deformidades de las partes blandas que rodean a la rodilla¹²⁹: alteración en los patrones del tono de los músculos extensores, debilidad de los extensores de cadera, cuádriceps, TS y músculos isquiopoplíteos, o a alteraciones en el tiempo de contracción de los músculos. También puede ser secundario a cambios en el alineamiento de las articulaciones distales de la pierna, a discrepancias en longitud de las EEII, o a patrones de movimiento compensatorios¹²⁴. En muchas circunstancias está influenciado por ajustes posturales, dirigidos a dar más estabilidad a las EEII y prevenir el colapso anterior de la rodilla. En estas circunstancias la rodilla está sujeta a momentos de fuerza anormales durante la fase de apoyo del ciclo de la marcha. El *genu recurvatum* se puede observar asociado a cambios rotacionales de la extremidad inferior (EI) durante la marcha^{124,132}. Los estudios que analizan las diferencias en el alineamiento de la EI en adolescentes resaltan la tendencia a la disminución del *genu recurvatum* con la edad, junto a la disminución del ángulo tibiofemoral, la pronación del pie y la laxitud anterior de la rodilla, por la maduración del niño¹²⁴.

Cuando esta deformidad es secundaria a una disfunción en la EI, se debe evaluar la eficacia mecánica de los mecanismos de transferencia y generación de fuerza de las palancas sobre la base de apoyo, para maximizar la estabilidad y funcionalidad de la rodilla. El establecimiento de alteraciones en la progresión de la marcha producirá patrones compensadores superpuestos, por lo que es conveniente identificar y tratar las desviaciones de rodilla como medida preventiva en la evolución de la disfunción.

La deformidad de la rodilla fija en flexión es menos frecuente que la hiperextensión. Esta posición requiere un esfuerzo muscular constante por parte del cuádriceps. En un grado leve puede ser secundaria a un acortamiento de los músculos isquiopoplíteos o de los flexores de cadera⁸. El *genu flexum* suele asociarse también a flexión de cadera y aumento de la lordosis lumbar, así como a un pseudo-equinismo de tobillo. Esto hace que los músculos con tendencia al acortamiento sean fundamentalmente el poplíteo, isquiosurales y psoasílico, mientras tienden a la

elongación el cuádriceps y el TS. El tratamiento del *genu flexo* leve o moderado (inferior a 30°)¹¹⁵ es conservador, mediante rehabilitación y ortesis de extensión progresiva. El *genu flexo* también puede aparecer en sujetos con problemas neuromusculares secundarios a una parálisis cerebral, espina bífida, artrogriposis y otras situaciones neurológicas que cursen con debilidad o desequilibrio muscular. En estas situaciones, el grado de flexión es mayor (hasta 60°) y altera notablemente la funcionalidad del sujeto, por lo que generalmente hay que recurrir a prótesis.

A modo de conclusión, se puede decir que cuando las angulaciones no se ajustan al patrón de edad, son asimétricas, producen dolor o limitación funcional, o se acompañan de otras características anormales, se consideran patológicas y deben ser evaluadas, y tratadas en cada caso de forma individualizada.

5.4.2. Alteraciones torsionales de las EEII

En condiciones de normalidad las EEII muestran una rotación externa (ROTE) media de unos 15°. Las deformidades rotacionales de las EEII se asocian a alteraciones funcionales, pues limitan la concatenación de movimientos, alteran la morfología del pie y de la rodilla. Las consecuencias clínicas van desde las alteraciones en la marcha de los niños, marchas en abducción o con los dedos orientados hacia fuera (*out-toeing*) y en aducción, con los dedos orientados hacia dentro (*in-toeing*), si no están compensadas por segmentos distales a la alteración rotacional; hasta disfunciones patelo-femorales y, aunque en la práctica clínica no se ha comprobado^{133,134}, producen hiperpresiones articulares que llevan a situaciones preartrósicas o artrósicas incapacitantes de la cadera en el adulto¹³⁵.

Estas alteraciones se relacionan con diversos factores como la alineación fetal persistente; la herencia, pues la anteversión femoral y la rotación tibial interna tienen un carácter hereditario autonómico dominante^{10,129}; el mantenimiento de posturas viciosas durante el sueño: dormir en decúbito prono con ROTI de los pies puede provocar ROTI de las caderas, torsión tibial interna, *genu varo*, pie equino y metatarso varo; dormir en decúbito prono con ROTE de los pies, puede ocasionar ROTE de las rodillas, pie valgo o equino; dormir en decúbito prono con rotación neutra de los pies puede llevar al pie tarso equino; dormir en “posición de rana” puede producir ROTE de las caderas o rodillas y valgo o abducción de los pies¹²⁹. También se relacionan con hábitos inadecuados al sentarse, como la “posición de sastre” o de “sastre invertido”, u otros que pudieran impedir la normal evolución de la anteversión. Otras causas posibles son los desequilibrios musculares por hipotonía o hipertonía, espasticidad, parálisis, traumas, rigideces o fibrosis musculares; la laxitud de las cápsulas, tejidos, aponeurosis y tendones, producidos por diferentes entidades; las afecciones metabólicas que alteran la resistencia o la adaptación del tejido óseo, y las alteraciones de las epífisis producidas por patologías que afectan su desarrollo normal^{10,13,130,136}. Algunos estudios relacionan

las alteraciones rotacionales de las EEII con retrasos en la adquisición de estrategias posturales como la estabilización de la cabeza en el espacio¹³⁷.

Las alteraciones rotacionales de las EEII pueden localizarse en fémur, tibia y pie. En el fémur proximal se describen la anteversión y la retroversión femoral; en el extremo distal de la tibia se aprecia torsión interna y externa, y en el pie el metatarsus adductus. El fémur muestra una torsión a lo largo de su eje longitudinal que es específica del hombre y antropoides, y es debida a la bipedestación. En el momento del nacimiento el fémur presenta unos valores medios de anteversión^{138,139}, entre 30°-40°. La repercusión clínica de las torsiones femorales en niños son las alteraciones de la marcha. La desrotación proximal del fémur ocurre con el crecimiento en la mayoría de los niños. Durante el crecimiento se produce una disminución gradual de unos 2°-3° por año hasta los 3 años^{2,139}. A partir de los 3-4 años continua disminuyendo a razón de 1°-1,5° por año, hasta alcanzar unos valores de unos 20° a la edad de 10 años y alrededor de 15° a partir de los 14 años y hasta la edad adulta^{139,140}. La disminución de la anteversión femoral tiene un componente genético y está influenciado por factores mecánicos¹⁴¹. Existen diferencias según el sexo, mostrando las mujeres una media de 4° más de anteversión que los varones^{142,143}. El valor de anteversión/retroversión femoral condiciona la amplitud del movimiento rotacional de la cadera. Staheli et al¹³⁴, refiere que la marcha cerrada en los inicios de la deambulación, la torsión tibial en los primeros años y la anteversión femoral en los jóvenes, son extremos en el patrón de crecimiento normal.

El defecto torsional más frecuente es la anteversión femoral patológica. La anteversión femoral se considera patológica cuando sus valores se incrementan unos 10°-15° sobre el valor medio, según la edad^{134,144}. Clínicamente, se observa entre los 4 y 8 años con tendencia a la corrección espontánea alrededor de los 7 años¹⁴⁵. Una anteversión patológica puede compensarse por una torsión tibial externa, o un cambio en la inclinación del acetábulo, o agravarse por una rotación tibial interna. La marcha con los pies hacia adentro causada por anteversión femoral o torsión femoral interna habitualmente se corrige espontáneamente con el crecimiento. En muchas situaciones las alteraciones de la marcha no se observan debido a que la torsión femoral interna se compensa con una torsión tibial externa, resultando una EI bien alineada, asociación encontrada por Fabry et al¹³², en el 30% de sus pacientes. Esta patología se asocia de forma concomitante a una pronación anómala del pie. Los músculos rotadores internos de la cadera se encontrarán retraídos mientras los externos tenderán a la elongación⁸. La anteversión femoral patológica con mucha frecuencia es bilateral y afecta más el sexo femenino (2:1). Los niños suelen mostrar hábitos posturales incorrectos al dormir, generalmente boca abajo y con los pies en ROTI, y suelen sentarse en posición de sastre invertido. También refieren caídas frecuentes, y a la exploración muestran una

disminución de la ROTE de la cadera. Los problemas torsionales no suelen cursar con dolor, pero ante la presencia de dolor en las EEII en un adolescente, siempre deben descartarse anomalías torsionales que pudieran ser la causa de las molestias. Estas alteraciones van a tener efectos funcionales sobre la postura estática y dinámica diferentes dependiendo de la edad¹³⁷, de forma que los más jóvenes muestran mayor repercusión sobre las EEII, mientras que en los mayores se modifica más la estabilización de la cabeza en el espacio, probablemente debido a que estas alteraciones rotacionales internas alteran la dinámica de la pelvis, de forma que al constituir el marco de referencia para la organización del control postural a esas edades, se van a retrasar las estrategias de estabilización de la cabeza en el espacio.

En la torsión femoral externa o retroversión femoral la marcha se abre, marcha en abducción o marcha de *Charlot*¹³², y los dedos de los pies miran hacia fuera. Este defecto aparece con mayor frecuencia en niños con hábitos posturales incorrectos en los que predomine la posición en ROTE de toda la EI, como dormir boca arriba con los pies en ROTE, o sentarse en posición de sastre, lo que contribuye a agravar el cuadro. La función muscular en estos niños estará disminuida en los músculos rotadores internos e incrementada en los rotadores externos por lo que se deben potenciar y elongar, respectivamente⁸. La corrección espontánea es habitual, pero se deben evitar las posiciones que impiden la corrección de esta patología.

5.4.3. Alteraciones de los pies y su repercusión en la postura

El pie es otro segmento de la EI cuya estructura sufre modificaciones durante el crecimiento. En el momento del nacimiento el pie del niño es plano. El arco longitudinal interno (ALI) del pie se desarrolla paralelamente al desarrollo de los huesos y al incremento gradual en la potencia de músculos y ligamentos⁸. A la edad de 6-7 años ya se encuentra completamente formado. Las alteraciones en el ALI pueden ser debidas a factores intrínsecos (hereditarios) o extrínsecos (hábitos inadecuados, calzado inapropiado) y debe ser estudiado.

Al estudiar la postura de un niño siempre se debe examinar el pie, valorando la altura de su ALI y realizando las medidas estáticas del eje del talón (posición relajada del calcáneo en carga, PRCC). El alineamiento vertical ideal entre las EEII y el calcáneo está representado por la relación neutra de los huesos de la EI y del pie, y ésta es la postura tomada como referencia en muchos estudios que analizan el movimiento del calcáneo¹⁴⁶⁻¹⁴⁸. Muchos trabajos relacionan la morfología del pie con determinadas patologías que afectan a la estática corporal y, más específicamente, con las EEII¹⁴⁹⁻¹⁵². Cuando se valoran lesiones o dolor en las EEII, el análisis de la alineación del pie y de la pierna, es fundamental. En este sentido, varios estudios señalan posibles asociaciones entre pies pronados y supinados, con lesiones deportivas por sobreuso¹⁵¹⁻¹⁵⁴. No se han visto diferencias por sexo en relación a la estructura de los pies¹⁵⁵, ni tampoco en los

valores de angulación del retropié¹⁴³. Aunque Beynnon et al¹⁴⁹, en un estudio prospectivo sobre los factores de riesgo de lesión de ligamentos de tobillo en jóvenes atletas, sí observan diferencias por sexo en el RDM del calcáneo con mayores rangos de eversión en cadena cinética abierta en las mujeres, lo que podría contribuir a un mayor riesgo de esguinces de tobillo en ellas^{151,156}.

Las alteraciones más frecuentes en la estática de los pies en niños se relacionan principalmente con la altura del ALI (disminuido o aumentado) y la angulación del retropié (varo o valgo)¹⁵⁷⁻¹⁶⁰. Los pies que presentan un ALI elevado (pies cavos), generalmente llevan asociados otros componentes como el retropié varo (supinado), el equino de antepié, el metatarsus adductus y la presencia de deformidades digitales¹⁵⁹. Cuando esta morfología de pie cavo aparece en la infancia, suele indicar una deformidad compleja y requiere un minucioso estudio. Su etiología es multifactorial y, aunque existen pies cavos idiopáticos, muchas veces pueden ser la manifestación inicial de una alteración neurológica progresiva¹⁵⁹.

En el pie cavo neurológico existe un desequilibrio muscular claro con atrofia y debilidad de los peroneos¹⁶¹. Esto hace que no se realice la flexión plantar y eversión del pie. El músculo tibial posterior empuja el pie hacia la flexión plantar y, en la articulación subastragalina, el calcáneo se invierte. Con la debilidad del tibial anterior, el peroneo lateral largo desciende el primer metatarsiano y el antepié va hacia flexión plantar y eversión. Cuando la deformidad de antepié se convierte en rígida, en bipedestación las fuerzas plantares generadas obligan al retropié a posicionarse en varo, para permitir el apoyo del antepié en el suelo¹⁵⁹. Este desequilibrio muscular se observa muy bien en sujetos con enfermedad Charcot-Marie-Tooth¹⁶¹. Cuando el pie cavo es idiopático, el grado de alteración de la función muscular puede variar, pero nunca es una deformidad progresiva¹⁶², observándose normalmente una retracción de los músculos tibiales posteriores, mientras que los peroneos tienden a la elongación.

En estudios que valoran la evolución morfológica del pie dependiendo de la maduración, se ha puesto de manifiesto que este tipo de pie predomina, junto a ROTE de la tibia, en el grupo de niños más maduros¹²⁴. Cuando se observa en un niño un pie cavo, siempre se debe realizar un estudio completo para determinar su causa y poder establecer un tratamiento precoz, para evitar la progresión de la enfermedad y evaluar la necesidad de correcciones quirúrgicas apropiadas^{124,159}.

Aunque siempre se relacionó una mayor incidencia de lesiones en los pies pronados, cada vez existen más evidencias que relacionan la morfología del pie cavo o supinado con una mayor predisposición en deportistas a patologías por sobreuso a lo largo de toda la EI^{151,156}, debido a la mayor rigidez estructural y mayor sobresolicitación.

Por el contrario, el pie plano es el defecto postural podológico más frecuente entre los niños^{157,158}. Aunque no es universalmente aceptado, se puede decir que el pie

plano se caracteriza por presentar una disminución del ALI, asociado a un valgo de talón^{158,160}. Existen muchos tipos de pies planos, dolorosos y no dolorosos, flexibles o rígidos, funcionales o no funcionales. La prevalencia muestra un rango muy amplio debido a la imprecisión en la caracterización del tipo de pie. García-Rodríguez et al¹⁵⁷, habla de una prevalencia de pie plano entre un 2,7% y un 12,3%, mientras Nájera et al⁹³, refiere una prevalencia del pie plano del 15%, incrementándose al 50% en niños con antecedentes familiares. Estudios más recientes refieren una prevalencia de pie plano flexible en niños de 3 a 6 años del 44%, disminuyendo al 1% en los pies planos patológicos¹⁶³. La presencia del pie plano está influida por la edad, el sexo y el peso, de forma que existe una relación inversa con edad; una relación directamente proporcional con obesidad, y una mayor predisposición en niños que en niñas, con un valor medio de valgo de retropié unos 5,5º mayor en niños, mostrando los éstos, además, un retraso en la evolución de este ángulo de retropié de, aproximadamente, un año respecto a las niñas¹⁶³⁻¹⁶⁶. Otros estudios destacan diferencias en la alineación de las EEII en función del grado de madurez del niño, como la evolución del valgo de rodilla, el *genu recurvatum* y la laxitud de la articulación de la rodilla, pero no señalan diferencias por sexo en la torsión tibial ni en el ángulo del retropié¹⁴³.

En los pies planos el defecto postural cursa con un desequilibrio muscular que asocia retracción de los músculos extensores largos de los dedos y de los músculos peroneos, largo y corto, mientras los músculos tibiales, anterior y posterior y los flexores largos de los dedos tienden a la elongación, justo a la inversa que en el pie cavo⁸.

El tratamiento del pie plano también es objeto de debate desde hace muchos años^{15,157,167-170}. Parece existir un acuerdo generalizado en el tratamiento de los pies planos sintomáticos o que, siendo asintomáticos, muestren claros signos de alteraciones en el desarrollo de estructuras morfológicas. Otros autores apoyan el tratamiento de los pies planos, no tanto por la necesidad de corregir la morfología del pie, sino por la repercusión sobre la funcionalidad de toda la EI, debido a la frecuente asociación a trastornos rotacionales internos y sus consecuencia patológicas^{137,139,143}. Mientras para unos autores el pie plano es considerado como factor de riesgo en lesiones deportivas^{146,150,151,153,156}, otros destacan la falta de asociación significativa entre esta morfología de pie y el mayor riesgo de lesiones en las EEII^{115,171}.

Otra alteración del pie, no estática sino funcional, que condiciona la cinemática de toda la EI en el plano sagital, es la limitación en el movimiento de FD de la primera articulación metatarsofalángica (1AMTF) del pie. Los valores mínimos de FD de la 1AMTF requeridos durante la deambulación¹⁷² son 65º, de forma que por debajo de 65º se habla de *hallux límitus* y por debajo de 35º *hallux rígida*¹⁷². La FD de esta articulación es la responsable de establecer el mecanismo de *windlass* en el pie, generando tensión

de la fascia plantar incrementando la altura del ALI mediante la plantarflexión del primer radio y la supinación de la articulación subastragalina y de la articulación mediotarsiana (AMT), lo que estabiliza el pie para facilitar la propulsión en dinámica^{173, 174}. Hay pocos estudios que analicen las alteraciones en la movilidad de esta articulación en población joven, ya que su limitación se asocia con la edad, apareciendo bloqueos en esta articulación en edades medias de la vida^{172,175}, la mayoría de ellas secundarias a lesiones por microtraumatismos de repetición, lo que para Grady¹⁷² ocurre en el 55% de los pacientes de su serie, siendo el 45% restante debido a alteraciones biomecánicas o factores genéticos. Su desarrollo también se relaciona con factores estructurales del pie: metatarsus primus elevatus, longitud del primer radio y forma de la cabeza, hiperpronación del pie y causas orgánicas, como enfermedades reumáticas, etc. Dependiendo del grado de limitación, este cuadro clínico cursará con sintomatología dolorosa¹⁷². La importancia de esta limitación, según estableció Perry et al¹⁷⁶, está en el papel que desempeña la movilidad de esta 1AMTF en la función del pie, junto a la movilidad del tobillo y del calcáneo, constituyendo uno de los tres pivotes necesarios para el movimiento de la EI en el plano sagital. Cualquier alteración de estos tres pivotes, en el tiempo correcto y en la magnitud adecuada, conducirá a un bloqueo en el plano sagital que se compensará mediante el incremento de la pronación subtalar y de la articulación AMT, del momento abductor, de la elevación prematura del talón y del bloqueo en la extensión de cadera y rodilla^{175,177-179}. Por lo tanto, cualquier disminución de la movilidad de esta articulación, alterará la función del pie y tendrá un efecto negativo en la marcha, en la postura y durante la actividad física. Todavía queda por determinar con exactitud que disminución del RDM de FD causará las adaptaciones en la marcha. El diagnóstico temprano de esta limitación de la FD del *hallux* es importante ya que permitirá una actuación terapéutica conservadora, que podría evitar el dolor y la progresión del bloqueo, así como retrasar la cirugía que a la larga requiere.

6. FACTORES DE RIESGO DE DESALINEACIONES POSTURALES

Entre los factores externos que se relacionan con la adopción de malas posturas se encuentran: posturas inadecuadas en el escenario escolar, mantenidas durante largos periodos de tiempo; peso y colocación incorrecta de la mochila; gestos incorrectos; y estilos de vida, en relación a la actividad física y al sedentarismo. Muchos autores^{12,65,66,68,180-184}, relacionan también estos factores con el desencadenamiento de cuadros dolorosos músculo-esqueléticos, situación que se puede agravar en la edad adulta. Aunque existe bastante controversia en la literatura, algunos autores^{185,186} establecen que el peso excesivo en las mochilas y su colocación incorrecta pueden producir cambios en la altura de los discos intervertebrales y en la curvatura lumbar y desencadenar cuadros de dolor lumbar. También lo relacionan con alteraciones

posturales en esta población escolar⁶⁵, especialmente vulnerable por encontrarse en periodo de crecimiento y maduración de su aparato locomotor. Las recomendaciones que se recogen en la literatura^{185,187} y en distintas asociaciones nacionales e internacionales (Consejo General de Colegios Médicos España, CGCOM: http://www.cgcom.org/noticias/2005/09/05_09_26_espalda; Fundación Kovacs: <http://www.kovacs.org/>; American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS)¹⁸⁸; American Physical Therapy Association (APTA)¹⁸⁹), se centran fundamentalmente en el tamaño, la colocación y peso de las mismas. La AAOS recomienda que el peso de la mochila escolar no supere el 15% del peso corporal del niño, mientras que la CGCOM recomienda que el peso de las mochilas no supere el 10% del peso corporal del niño. Ramprasad et al¹⁸⁵, en su estudio obtuvo cambios en el ángulo cráneo-vertebral cuando el peso de las mochila se incrementaba por encima del 15% del peso del niño; cambios en los ángulos cabeza-cuello, cuello-tronco, cuando el peso de las mochila se incrementaba por encima del 10% del peso del niño y cambios en el ángulo tronco-EEII cuando el exceso de peso era tan sólo del 5%; es decir, demostró la presencia de cambios en todos los ángulos estudiados cuando el exceso de peso era del 15%, de ahí que se recomienda no superar ese límite (Fig. 12).

Además de tener un peso correcto, las mochilas deben estar ajustadas en tamaño, no sobrepasando nunca el tamaño que la espalda del niño; y transportarse adecuadamente colocadas, con la finalidad de conseguir una distribución correcta de la carga en la espalda del niño, es decir, colocada entre 2 y 5 cm por debajo de los hombros, y no más de 10 cm por debajo de la cintura. La AAOS¹⁸⁸ asegura que estas normas de colocación son muy importantes, ya que aunque la mochila tenga un diseño ergonómico perfecto, si no se coloca adecuadamente no funcionará.

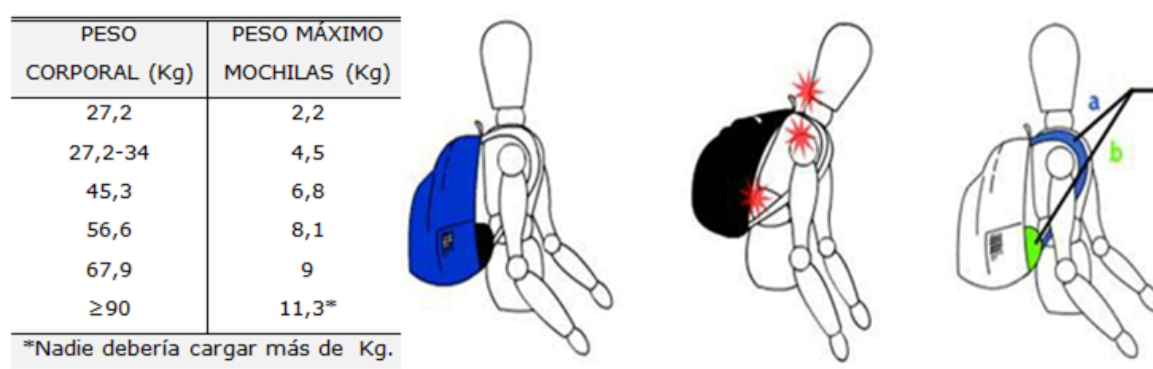


Figura 12. Recomendaciones sobre el peso y colocación correcta de las mochilas, según la AAOS¹⁸⁸ y APTA¹⁸⁹.

Otros factores que pueden influir en las alteraciones posturales de los niños son los relacionados con los hábitos sedentarios y la práctica deportiva, por la interdependencia mutua, ya que está bien documentada la importancia de la postura y el papel que desarrollan los músculos en el movimiento^{181,190-192}, favoreciendo que el

cuerpo funcione como un todo. La práctica de deporte conlleva unas adaptaciones, fisiológicas y también estructurales, consideradas como normales en un deportista. Así se entiende que tenistas y lanzadores tengan la musculatura paravertebral de un hemicuerpo y la extremidad superior del mismo lado, mucho más desarrollada. Por lo tanto, es necesario detectar las alteraciones morfo-estructurales que podrían producirse y/o agravarse con la práctica deportiva, y prestar especial atención a las lesiones ya establecidas, que con la práctica de deporte podrían empeorar.

Dentro del campo de la Medicina Deportiva, el estudio de la postura es un instrumento más en la valoración del deportista para mejorar el gesto deportivo y para la prevención de lesiones. Se ha comentado anteriormente, que la buena postura es la base de un buen movimiento, si falla la base se alterará las secuencias de cualquier actividad deportiva y se incrementará el gasto energético del deportista, y disminuirá su rendimiento. Por lo tanto, el análisis postural es una buena herramienta para hacer evidentes las asimetrías del tono postural y para poner en práctica actuaciones precoces que permitan al SNC integrar las informaciones nuevas y elaborar respuestas adecuadas para que mejore el tono muscular global y el niño pueda equilibrarse en su conjunto¹⁹³. Pero no sólo es necesario valorar el exceso de actividad física sino también su defecto, el sedentarismo, ya que ambos factores actúan directamente sobre los elementos activos y pasivos de la musculatura.

Mediante estudios electromiográficos se ha puesto de manifiesto la escasa actividad muscular que requiere el mantenimiento de la postura erecta estática, estableciéndose una actividad máxima isométrica de un 4%¹⁹⁴, siendo menor para el glúteo mayor y prácticamente nulo para los aductores y tibial anterior. Como estabilizadores de la pelvis, el que muestra un papel predominante es el glúteo medio y, en menor medida, los abductores. Los músculos que muestran mayor actividad en estática son los isquiosurales y los gemelos, desarrollando en estática aproximadamente un 33% y un 15% de su actividad en dinámica¹⁹⁴, respectivamente. Estos músculos posturales tenderán al acortamiento, mientras los fásicos tenderán a debilitarse, mucho más hoy en día, cuando la silla se está convirtiendo en el peor enemigo de los niños, ya que cada vez pasan más tiempo sentados, estudiando y jugando, en el ordenador. En el pasado, las actividades lúdicas infantiles eran fundamentalmente en movimiento, mientras que hoy en día gran parte del juego se realiza sentado frente al ordenador. Esto hace que cada vez sea más frecuente el desarrollo de dolores de espalda, cuello y columna. Los efectos del sedentarismo sobre la postura estática se deben fundamentalmente a la disminución de la elasticidad y movilidad articular que produce la inmovilidad, y a la hipotrofia muscular. Esto tendrá también repercusiones en dinámica, disminuyendo la destreza y la capacidad de reacción. Además, la inactividad y

la sedestación favorecen el dolor lumbar, las lesiones del sistema de soporte y las malas posturas, debido al poco desarrollo del tono de las respectivas masas musculares¹⁹³.

Por lo tanto, la actividad física, tanto por exceso como por defecto, puede ocasionar desequilibrios musculares, obligando a actuar a los elementos pasivos en el mantenimiento del equilibrio, lo que incrementa el estrés de esos tejidos y predispone a cuadros de disfunción músculo-esquelética de distinta intensidad. En este sentido, para mantener una buena postura, es muy importante realizar actividades de estiramiento músculo-tendinoso y flexibilidad y, a la vez, de ganancia de fuerza, para mantener el RDM de las articulaciones y fortalecer los grandes grupos musculares de los distintos segmentos corporales⁸.

Para finalizar, mantener una postura corporal correcta no sólo es una cuestión estética, sino que se debe considerar como un indicador de buena salud, ya que la salud requiere un ajuste perfecto del organismo a su entorno, el cual incluye un ajuste estructural perfecto de músculos, huesos, ligamentos, vasos sanguíneos y nervios. Son numerosos los estudios que relacionan mala postura y dolor músculo-esquelético inespecífico en los escolares, y más concretamente con dolor de espalda^{78,195-198}. En nuestro país se estima que a los 15 años, más del 50% de los niños y casi el 70% de las niñas ha padecido alguna vez en su vida dolor de espalda. Y en algunos trabajos se establece que padecer dolor de espalda en la infancia aumenta el riesgo de sufrirlo de manera crónica al ser adulto^{195,199,200}. La prevalencia del dolor lumbar entre niños y adolescentes varía mucho, dependiendo de los trabajos. Algunos autores refieren prevalencias del 6%^{187,201,202}, mientras que otros reflejan cifras mucho más alarmantes de hasta del 58,9%¹⁹⁶. Bockowski et al¹⁸³, refleja una prevalencia del dolor de espalda relacionado con malas posturas de un 13,9%. Se observa que el dolor de espalda aumenta con la edad, pasando de un 7% a los 10 años a un 18% en los adolescentes de 14 años y 18,4% en los 16 años²⁰². En otro estudio donde se analizaron 9.567 jóvenes con edades comprendidas entre 12 y 22 años, la prevalencia de lumbalgia en los mayores alcanzó el 56%^{203,204}. En todos los estudios revisados el dolor se incrementó con la edad.

El riesgo de desarrollar dolor lumbar a estas edades depende de varios factores, entre ellos se encuentran los hábitos posturales incorrectos en el ambiente escolar, el peso de las mochilas y la actividad física; factores sobre los que se debería hacer una buena educación en salud desde la escuela. En este sentido, muchos autores sugieren la incorporación de programas de Educación Postural en el currículo de la Educación Primaria. Esto sería muy interesante pero al mismo tiempo, tal y como preconizan algunos autores, se deberían planificar conjuntamente estudios para determinar el beneficio de la aplicación precoz de esta intervención en el desarrollo del dolor de espalda en la edad adulta^{205,206}.

7. REPERCUSIÓN CLÍNICA DE LOS DEFECTOS POSTURALES

La actitud postural correcta no representa un fin en sí mismo, pero forma parte del bienestar general del ser humano. La adquisición de hábitos posturales correctos en la infancia tiene interés, ya que en estas etapas de la vida se crean y se automatizan los patrones posturales⁵⁹.

Son muchos los factores que hay que valorar como entidades nosológicas responsables de los defectos posturales. En muchas ocasiones la presencia de defectos posturales se asocia de forma clara con cuadros dolorosos, otras veces el sujeto adopta posturas incorrectas, sin repercusiones clínicas; por último, en ocasiones pequeños defectos posturales pueden producir importantes síntomas de tensión mecánica y muscular. Para entender las repercusiones es necesario estudiar muy detalladamente al individuo tanto en estática y como en dinámica. Probablemente, un individuo pueda presentar una postura incorrecta y mostrar una gran flexibilidad y capacidad de modificar dicha posición, mientras que otras veces, ante un sujeto que presenta una postura adecuada, puede estar asociada a una gran rigidez o tensión muscular. La falta de movilidad no se considera defecto de alineamiento pero se detecta al realizar pruebas de flexibilidad y, en muchas situaciones, puede jugar un papel decisivo en procesos dolorosos⁸. A pesar de esta gran variabilidad, algunos autores señalan los defectos posturales como indicadores de riesgo de dolor músculo-esquelético¹⁹⁵.

Para poder determinar las posibles causas de dolor postural es necesario analizar detenidamente todos los factores relacionados con los parámetros posturales: estado nutricional del niño, desalineaciones de los segmentos corporales, enfermedades y discapacidades, factores ambientales que puedan actuar como detonantes de procesos desequilibrantes, estáticos o dinámicos, y determinar el estado madurativo en el que se encuentra el niño, ya que los niños no muestran modelos posturales iguales en sus distintas fases de desarrollo. La mayor parte de las desviaciones posturales de los niños pueden encuadrarse dentro de la categoría de desviaciones propias del crecimiento, pero cuando estas alteraciones se perpetúan en el tiempo se convertirán en defectos posturales que deben ser estudiados y tratados⁸.

La relación entre el mantenimiento prolongado y repetido de una postura determinada, y los cuadros de lumbalgias o síntomas de desórdenes músculo-esqueléticos, está muy bien estudiado en adultos en relación al ambiente laboral²⁰⁷, sin embargo esto no está tan analizado en los niños, a pesar de que éstos pasan entre 6 y 8 horas cada día en el ambiente escolar, donde posturas inadecuadas debidas a un mobiliario no adecuado a su tamaño pueden incrementar la flexión de la CV, generándose tensiones axiales en el interior del canal medular y en las raíces nerviosas que podrían conducir a dolor de espalda ya desde la infancia^{17,18,65}. A esto hay que

añadir el incremento en el tiempo de la adopción de posturas sedentes de los niños, debido a los cambios que se han producido en los estilos de vida actuales, donde se ha pasado de jugar “corriendo por el parque” a jugar “sentado frente a la consola”.

La detección precoz de los defectos posturales de los escolares nos muestra una perspectiva clínica beneficiosa para los profesionales de la salud que manejan la valoración, tratamiento y prevención de las disfunciones posturales. Actuar preventivamente debe ser un objetivo en salud, sin embargo en estas fases iniciales quizá no se necesario comenzar con un programa de recuperación muy intenso, sino incluir dentro de los estilos de vida saludables, la higiene corporal y recomendar una serie, reducida y cuidadosamente seleccionada, de ejercicios que ayuden a restablecer el sentido estático y cinético del correcto alineamiento postural. También es importante informar al niño y a sus padres o tutores cómo evitar las posturas y/o actividades que conducen claramente al aumento de tensiones y desalineaciones corporales.

El entrenamiento en una actitud postural saludable debe formar parte del curriculum de Educación Primaria y Secundaria, y ser un objetivo más de los programas de educación sanitaria, para detectar y tratar precozmente las alteraciones observables, mediante intervenciones rápidas, sencillas y claras; pero sobre todo adaptadas a cada niño y siempre intentando atraer su atención y su colaboración.

Objetivos

Para afirmar que el hombre...[...] es menester averiguar antes si varía en sí mismo, por poco que sea, en su conformación corporal y facultades mentales, y caso de ser así, si las variaciones se transmiten...[...] como la transmisión de los caracteres a la misma edad o sexo... [...]

*On the Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured
Races on the Struggle for Life*

Charles R. Darwin (1809-1882)
Naturalista Inglés

I. OBJETIVO GENERAL

Analizar y comparar las variaciones posturales, en posición erecta estática, de los escolares de 9 y 15 años de la Comunidad de Madrid.

II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.** Determinar las desviaciones posturales de la cabeza, tronco, rodillas, tobillo y pie en el plano frontal y sagital.
- 2.** Analizar las diferencias en el patrón postural por edad y sexo.
- 3.** Relacionar las desviaciones posturales con factores desestabilizadores de la postura como la mochila inadecuada, el nivel de actividad física o el sedentarismo.
- 4.** Relacionar las desviaciones posturales con el dolor músculo-esquelético inespecífico.

Materiales y Métodos

En principio, la investigación necesita más cabezas que medios.

Severo Ochoa (1905-1993)
Médico español

1. CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO

Se ha realizado un estudio epidemiológico observacional, descriptivo, de corte transversal, durante el periodo comprendido entre enero y junio de 2008, integrado en un proyecto multicéntrico europeo denominado “*European Youth Heart Study*” (EYHS). Este estudio ha sido realizado por la Comunidad de Madrid, a través de la Consejería de Cultura y Deportes, en colaboración con el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Complutense de Madrid (UCM). El EYHS evalúa en niños europeos las influencias personales, ambientales y del estilo de vida, sobre los factores de riesgo cardiovascular. Aprovechando la organización de este estudio se solicitó autorización para realizar pruebas de valoración de la postura de los escolares, las cuales constituyen el objetivo de este trabajo.

El protocolo de actuación fue aprobado por el Comité Ético del Hospital Clínico Universitario San Carlos (adscrito a la UCM). También se obtuvo el permiso de los Directores de los colegios seleccionados. Asimismo, todos los escolares que participaron presentaron la hoja de consentimiento informado, firmada por sus padres o tutores legales (Anexo I). En los adolescentes se solicitó también su consentimiento firmado.

En cada colegio se realizaron reuniones explicativas, en días previos al estudio, por parte de los representantes de las instituciones responsables (Consejería de Cultura y Deportes de la Comunidad de Madrid y Universidad Complutense de Madrid) con el profesorado implicado, los padres y los alumnos interesados, donde se explicaban las características del estudio, los requisitos necesarios para participar, y se resolvían las dudas que pudieran surgir.

2. POBLACIÓN BASE DEL ESTUDIO

Para la selección de la población se realizó un muestreo polietápico estratificado con afijación proporcional al tamaño del estrato. La unidad de la primera etapa fue la localización geográfica del centro escolar (urbano, semiurbano y rural) y la unidad de segunda etapa fue el tipo de centro educativo (público, concertado y privado).

El tamaño muestral se estimó teniendo en cuenta la población de nueve y quince años de la Comunidad de Madrid, obtenida a partir de los datos del padrón proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística para el año 2006, para un error α del 5%, un poder β del 80% y un 20% más de población por posibles pérdidas de no respuesta.

Criterios de inclusión:

1. Niños de 9 y 15 años que presentaron firmado por sus padres o tutores legales, el consentimiento informado de participación en el estudio. En los adolescentes de 15 años se solicitó también el permiso del propio escolar.
2. Niños de 9 y 15 años de edad en los que se podía inspeccionar adecuadamente la postura y realizar los distintos test clínicos.

Criterios de exclusión:

1. Escolares que no contaban con la aprobación de sus padres o tutores, o su propio consentimiento en los de 15 años, para ser incluidos en el estudio.
2. Tener historia personal de enfermedad músculo-esquelética, neurológica o haber sido intervenido por problemas en el aparato locomotor.
3. Estar recibiendo un tratamiento médico que pudiese modificar la postura.
4. Escolares en los que no se podía realizar una correcta exploración de la postura por tener en el momento de la valoración algún impedimento, como ser portador de escayola en las extremidades superiores o inferiores.
5. Niños que no se encontraban en el colegio el día de la exploración.

Por causas diversas, todas ellas ajenas al equipo investigador, se realizó el estudio en solo 11 centros educativos de la Comunidad de Madrid, con una participación inicial de 549 escolares.

De éstos, al considerar los criterios de inclusión anteriormente mencionados, la población del estudio quedó constituida por 416 escolares con edades de 9 y 15 años, que cursaban los estudios de cuarto de Educación Primaria y tercero de Educación Secundaria Obligatoria, respectivamente.

La exploración clínica de todos los escolares fue realizada siempre por los mismos profesionales, siguiendo el protocolo aprobado (Anexo II), el cual se había ensayado previamente en un estudio piloto, para determinar con precisión el tiempo requerido para la exploración de cada escolar y unificar criterios en la valoración, con el fin de minimizar el sesgo interexplorador.

3. CUESTIONARIO ENVIADO A LOS PADRES

Para la recolección de los datos se diseñó un cuestionario que se envió a los padres o tutores de cada escolar, junto a la hoja de consentimiento, con varias preguntas de interés posturológico: presencia de dolor en la espalda y/o EEII, colocación de la mochila, bolsa o cartera (centrada, sobre el hombro derecho, el izquierdo o depende) utilizada por su hijo/a, el peso del material transportado (entre 3-5 libras; 6-10 libras o más de 10 libras) y el tiempo diario de carga real de ese material (entre 10-15 min día, 16-30 min, más de 30 min al día). También se recogieron las

horas semanales de deporte extraescolar practicado y el tiempo empleado cada día en ver la televisión y jugar o trabajar en el ordenador (ANEXO III). Este tipo de información es definida como fuente secundaria.

4. EQUIPAMIENTO

Para la cuantificación de los test de exploración clínica realizados se utilizaron distintos instrumentos de medida: cinta métrica flexible; nivel de burbuja; goniómetro flexible de dos brazos; lápiz quirúrgico de piel; plomada y escoliómetro (*Psymtec*, material técnico; www.psymtec.com; Fig. 13).



Figura 13. Material empleado para la exploración de los escolares.

5. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIABLES ANALIZADAS

La fuente primaria de información de este estudio fue el análisis postural, recopilado siempre por los mismos exploradores y utilizando instrumentos previamente validados. Se realizó un ensayo piloto, para determinar la adecuación del sistemático de exploración y evitar sesgos de información. El registro del alineamiento postural se basó en el "New York Posture Rating Chart", modificado¹⁰ (Anexos IV y V).

Variables antropométricas:

- Edad del escolar: variable cuantitativa (9 y 15 años).
- Sexo: variable cualitativa categórica dicotómica (varón, mujer).
- Peso: variable cuantitativa (Kg).
- Talla: variable cuantitativa (m).
- Índice de masa corporal (IMC): variable cuantitativa. Se calculó según la fórmula: $\text{peso (kg)} / \text{talla}^2 (\text{m})$. Se categorizó el IMC clasificando el peso de los escolares en bajopeso, normopeso, sobrepeso y obesidad, ajustándolo a la edad y al sexo, según las recomendaciones descritas por Cole et al²⁰⁸.
- Grado de madurez sexual: Se ha valorado el estado puberal de los escolares utilizando la Escala de Tanner²⁰⁹. Variable cualitativa categórica nominal: Grados Tanner I, II, III, IV y V.

Variables cualitativas de la postura en el plano frontal:

- Posición cabeza: variable cualitativa categórica nominal (normal, inclinada derecha o izquierda).
- Posición hombros: variable cualitativa categórica nominal (normal, descendido derecho o izquierdo).
- Posición escápulas: variable cualitativa categórica nominal (normal, descendida derecho o izquierdo, abducidas).
- Alineamiento de la CV: variable cualitativa categórica dicotómica (normal, desviada).
- Test de Adams frontal: variable cualitativa categórica nominal (negativo, menor 7º, mayor 7º).
- Nivel de las EIAS: variable cualitativa categórica nominal (normal, descendida derecha o izquierda).
- Alineamiento de las rodillas: variable cualitativa categórica nominal (normal, *genu valgo* o *genu varo*).
- *Genu valgo*: variable cuantitativa distancia intermaleolar (cm).
- *Genu varo*: variable cuantitativa distancia intercondílea (cm).
- Posición de las rótulas: variable cualitativa categórica nominal (normal, medializada o lateralizada).
- Posición de los talones: variable cualitativa categórica nominal (normal, valgo o varo).
- Ángulo de la marcha: variable cualitativa categórica nominal (normal, cerrado o abierto).

Variables cualitativas de la postura en el plano sagital:

- Posición cabeza: variable cualitativa categórica nominal (normal, flexión o extensión).
- Posición hombros: variable cualitativa categórica nominal (normal, proyectados hacia adelante o hacia atrás).
- Posición escápulas: variable cualitativa categórica nominal (normal, aladas o despegadas).
- Alineamiento de la columna vertebral: variable cualitativa categórica nominal (normal, cifosis torácica, hiperlordosis o rectificación lumbar).
- Test de Adams lateral: variable cualitativa categórica dicotómica (normal, patológico).
- Alineamiento de las rodillas: variable cualitativa categórica nominal (normal, *genu flexum*, *genu recurvatum*).
- Altura ALI: variable cualitativa categórica nominal (normal, bajo o alto).
- Flexibilidad de la CV, Test de la distancia dedos-suelo (DDS): variable cualitativa categórica dicotómica (toca con los dedos, no toca con los dedos).

Variables de los test clínicos realizados en decúbito supino:

- Medida de la longitud real de las EEII: variable cuantitativa (mm).
- Flexión cadera: variable cualitativa categórica dicotómica (normal, patológica).
- Abducción cadera (ABD): variable cualitativa categórica dicotómica (normal, patológica).
- Aducción cadera (ADD): variable cualitativa categórica dicotómica (normal, patológica).
- Test de Thomas: variable cualitativa categórica dicotómica (positivo, negativo).
- Elasticidad de los isquiosurales: Test 90:90; variable cuantitativa (º).
- Movilidad de la 1AMTF del *hallux*: variable cuantitativa (º).

Variables cuantitativas de los test clínicos en decúbito prono:

- Cuantificación rotación externa (ROTE) de cadera: variable cuantitativa (º).
- Cuantificación rotación interna (ROTI) de cadera: variable cuantitativa (º).
- Elasticidad del cuádriceps: Test distancia talón-glúteo (DTG): variable cuantitativa (mm).

- Elasticidad de los gemelos: variable cuantitativa ($^{\circ}$), medida del RDM de la FD del tobillo.

5.1. Procesamiento y análisis de los datos

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa estadístico SPSS versión 15.0 para Windows.

- Se realizó el análisis descriptivo de la población de estudio por edad y por sexo.
- Se determinó la normalidad de las variables cuantitativas mediante el Test de Kolmogorov-Smirnoff.
- La prueba de contraste utilizada para variables discretas fue el Test Chi-cuadrado de Pearson.
- Las pruebas de contraste utilizada para variables continuas fue el Test t de Student.
- El Test no paramétrico utilizado fue el Test de la U de Mann Whitney.
- El nivel de error tipo alfa considerado fue del 5%; $p < 0,05$.
- Se realizaron tres análisis de la varianza univariantes (ANOVA) siendo las variables dependientes el plano frontal, sagital y elasticidad global, y tomando como factores fijos la edad y el sexo; y como factores aleatorios, la mochila inadecuada, la práctica de deporte extraescolar y los hábitos más sedentarios.
- Se utilizó el análisis de conglomerados jerárquicos como método de exploración de agrupamiento de variables analizadas. Este método facilita la aproximación segmentada en un número pequeño de grupos, de forma que las observaciones pertenecientes a un grupo sean muy similares entre sí y muy diferentes al resto. El análisis de conglomerados comienza con el cálculo de la matriz de distancias, que refleja la distancia entre las variables y las agrupa en función de su cercanía, de forma que cuanto mayor es la concordancia mayor será la proximidad entre ellas. El proceso se repite hasta que se construye un árbol de clasificación, denominado dendrograma (gráfico en árbol), donde queda reflejado el patrón de los cluster.
- Se ha utilizado un modelo de regresión logística para estudiar la influencia independiente y simultánea de las variables edad, presencia de *genus* sagital, acortamiento del psoas, cuádriceps, TS y limitación de la movilidad del *hallux*, sobre el dolor músculo-esquelético inespecífico de los escolares. Los resultados se presentan con la odds ratio (OR) y los intervalos de confianza del 95%.
- Los datos se presentan en tablas y gráficos generados por el propio programa SPSS, o creados con el programa Hoja de Cálculo Microsoft Office Excel 2007.

6. PROTOCOLO INSPECCIÓN DE LA POSTURA EN BIPEDESTACIÓN ESTÁTICA

La información se recopiló por dos investigadores, siempre los mismos, utilizando instrumentos de recolección validados y realizando previamente un ensayo piloto.

Para poder llevar a cabo una correcta inspección de la postura del escolar, en la hoja informativa enviada a los padres se solicitaba que su hijo acudiese a la exploración clínica con pantalón corto de deporte y top en el caso de las niñas.

Para alcanzar la postura más natural del escolar se le pidió que caminase, sin desplazarse del sitio donde se encontraba, durante unos segundos, para después permanecer en bipedestación estática durante el tiempo necesario para valorar su postura y la alineación de los distintos segmentos corporales. La inspección se realizó en visión anterior, posterior y lateral, derecha e izquierda.

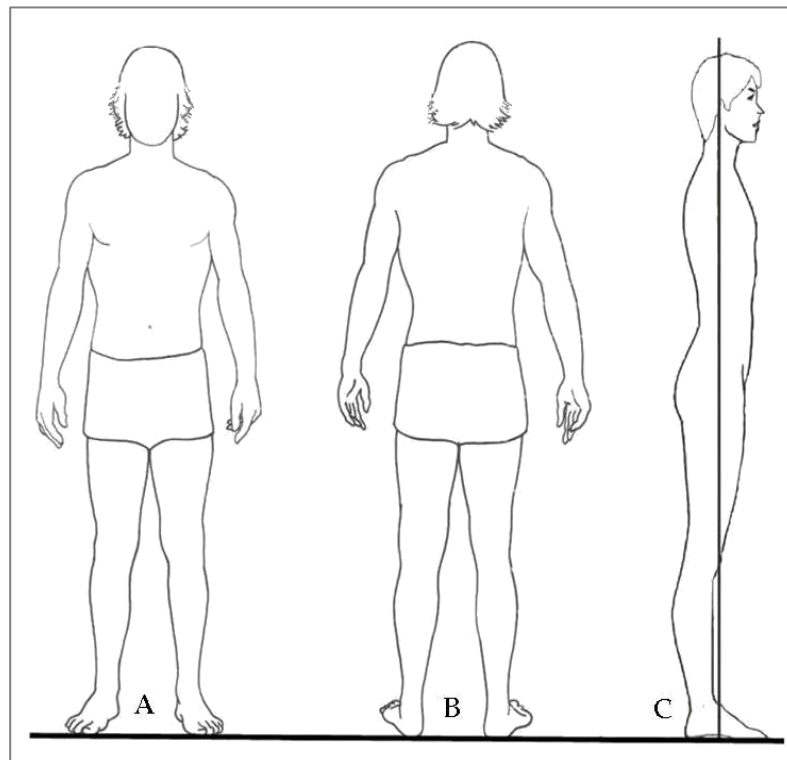


Figura 14. Inspección del escolar en bipedestación estática para determinar la alineación de los distintos segmentos corporales. Visión anterior (A), Visión posterior (B) y Visión lateral (C).

6.1. Exploración del sujeto en visión anterior

Con el escolar en posición bípeda estática, en visión anterior (Fig. 14A; Anexo II) se registró la posición de las rótulas, la alineación angular de las rodillas, el ángulo de progresión de la marcha, y la presencia de deformidades de los dedos del pie [garras digitales, *hallux abductus valgus* (HAVJ), *hallux* interfalángico (HIF)].

6.2. Exploración del sujeto en visión posterior

En la misma posición pero en visión posterior (Fig. 14B; Anexo II) se registró la posición de la cabeza, la alineación de los hombros, la posición de las escápulas, y la

alineación de la columna vertebral en el plano frontal. Se determinó el equilibrio de las EIPS y la posición del talón.

6.3. Exploración del sujeto en visión lateral

En visión lateral, derecha e izquierda (Fig. 14C; Anexo II), se registró la posición de la cabeza, de los hombros, escápulas, la alineación de la CV en el plano sagital; posición de la pelvis, las desviaciones angulares de la rodilla en el plano sagital y la morfología del ALI del pie.

7. METODOLOGÍA DE EXPLORACIÓN

Para completar la metodología de la exploración física de los escolares se realizaron varias maniobras o test y distintas mediciones, que se describen a continuación.

7.1. Valoración de las posiciones de los segmentos corporales

7.1.1. Valoración de las desviaciones angulares de la rodilla

Las desviaciones angulares de las EEII en el plano frontal se cuantificaron midiendo la distancia intercondílea en el *genu varo* y la distancia intermaleolar en el *genu valgo* (cm). Aunque algunos autores estiman que el *genu valgo* es fisiológico entre los 7 y los 10 años de edad, en los niños de 9 años se valoró como si ya hubiesen alcanzado el valgo fisiológico. Se cuantificó esta deformidad midiendo la separación intermaleolar, colocando previamente las rótulas centradas. Se registró *genu valgo* patológico^{8,129} cuando existía una distancia intermaleolar superior a 9 cm (Fig. 15B).

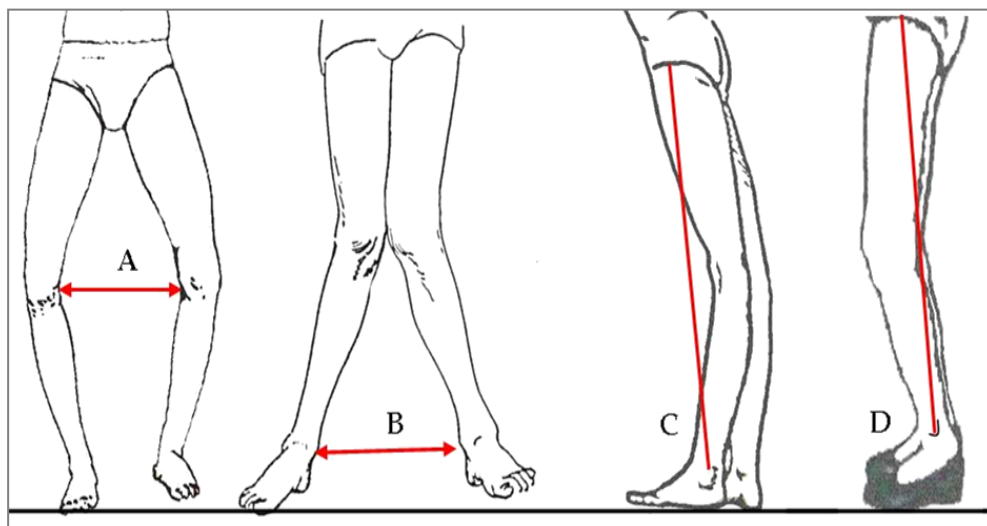


Figura 15. Deformidades angulares de las EEII. **A:** Genu varo, medida de la distancia intercondílea. **B:** Genu valgo, medida de la distancia intermaleolar. **C:** Genu recurvatum, rodilla situada posterior a la línea de Brucke. **D:** Genu flexum, rodilla situada anterior a la línea de Brucke.

El *genu varo* se cuantificó colocando al sujeto con los maléolos tibiales juntos y midiendo la separación entre ambos epicóndilos femorales internos. Se consideró patológico por encima de 3 cm (Fig. 15A).

Las alteraciones de la rodilla en el plano sagital se determinaron en función de su posición respecto a la línea de *Brucke* (línea que une el trocánter mayor con el maléolo externo). En condiciones de normalidad esta línea pasa por la mitad de la cara externa de la rodilla; cuando la rodilla se localiza por detrás se registró como *genu recurvatum* (Fig. 15C). Cuando la rodilla se encontraba por delante de esta línea⁸ (Fig. 15D) se registró como *genu flexum o anterrecurvatum*, éste se considera siempre patológico. Estas alteraciones no se cuantificaron sino que sólo se registró su presencia.

7.1.2. Valoración del ángulo de progresión de la marcha o ángulo del pie

Las modificaciones del ángulo de la marcha¹³⁰ reflejan alteraciones torsionales de las EEII que pueden tener un origen óseo: femoral, tibial o en el pie; o muscular: retracciones de los músculos adductores o isquiosurales. Este ángulo se valora en relación a la línea de progresión de la marcha (Fig. 16A). En condiciones de normalidad tiene un valor de 15°. Valores menores se traducen en una marcha en aducción o cerrada (*toe-in gait*), mientras que los valores mayores de 15° se relacionan con la marcha abierta, en abducción o marcha de Charlot (*toe-out gait*). En bipedestación estática este ángulo define la base de sustentación. Se registraron como ángulo normal, aumentado o disminuido (Fig. 16B).

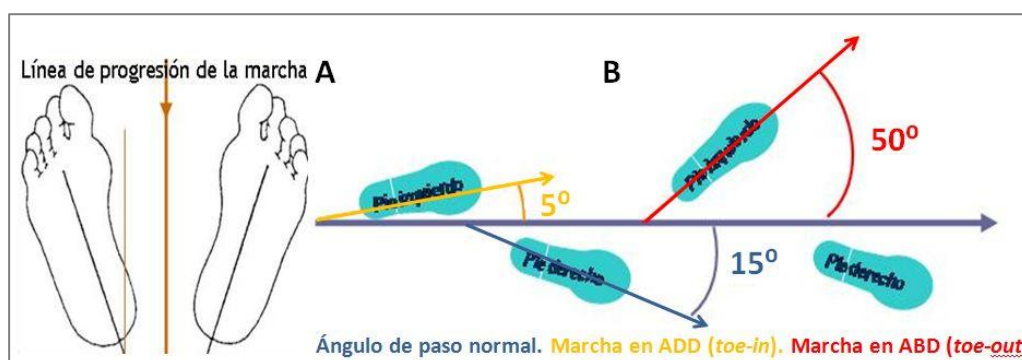


Figura 16. A: Ángulo de la marcha normal. **B:** Modificaciones del Ángulo de la marcha normal (15°); disminuido (5°) y aumentado (50°).

7.1.3. Valoración del eje del talón del pie —PRCC—

El apoyo podal puede tener una estrecha relación con las discrepancias en longitud de las EEII y siempre debe ser valorado¹³⁰. Cuando existen asimetrías entre ambos talones se debe valorar la repercusión ascendente a lo largo de la EI observando la simetría en las EIAS y las posibles desviaciones de la columna.

Para su cuantificación se marca la bisectriz de la cara posterior del talón durante el apoyo bipodal estático (PRCC), valorando el ángulo que se forma entre la bisectriz del talón con el suelo (Fig. 17A). Se registró como normal cuando la bisectriz del talón

presentaba valores comprendidos entre 3° de valgo y 2° de varo; talón en valgo cuando esta línea se acercaba más de 3° de la línea mediosagital del cuerpo (Fig. 17B) o talón en varo cuando la bisectriz de alejaba más de 2° de la línea mediosagital (Fig. 17C).

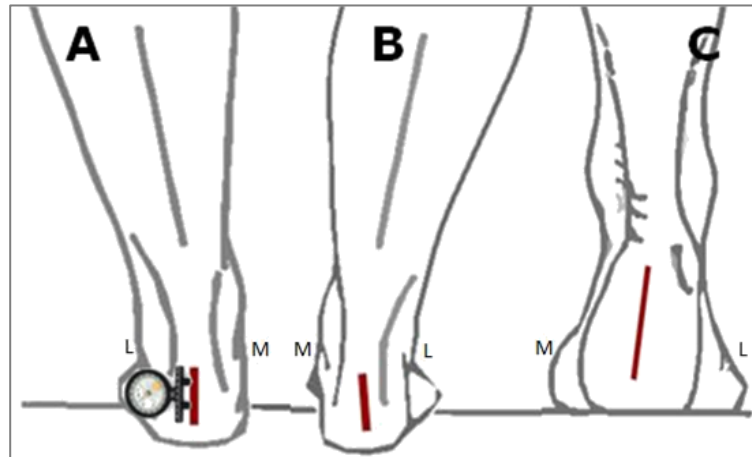


Figura 17. Distintas posiciones del talón en bipedestación estática (PRCC). **A:** Eje del calcáneo neutro, bisectriz (línea roja) perpendicular al suelo, **B:** Eje de calcáneo en valgo, bisectriz dirigida hacia medial. **C:** eje del calcáneo en varo, bisectriz dirigida hacia lateral.

7.1.4. Valoración de la altura del arco longitudinal interno del pie

Existe una relación entre la PRCC y el ALI del pie. Para determinar esta relación se valoró en visión lateral la altura del ALI, registrándolo como normal, aumentado o disminuido (Fig. 18), en función del ángulo del dorso del pie y la altura del escafoides. Se consideró normal cuando el arco plantar estaba presente, el ángulo del dorso del pie era de unos 20° y el escafoides no estaba caído (Fig. 18B); ALI disminuido cuando el arco plantar estaba hundido o en contacto con el suelo, el ángulo del dorso era menor de 20° y el escafoides estaba descendido (Fig. 18A); y ALI aumentado (Fig. 18C) cuando el ángulo del dorso del pie era mayor de 20° y la altura del escafoides estaba elevado²¹⁰.

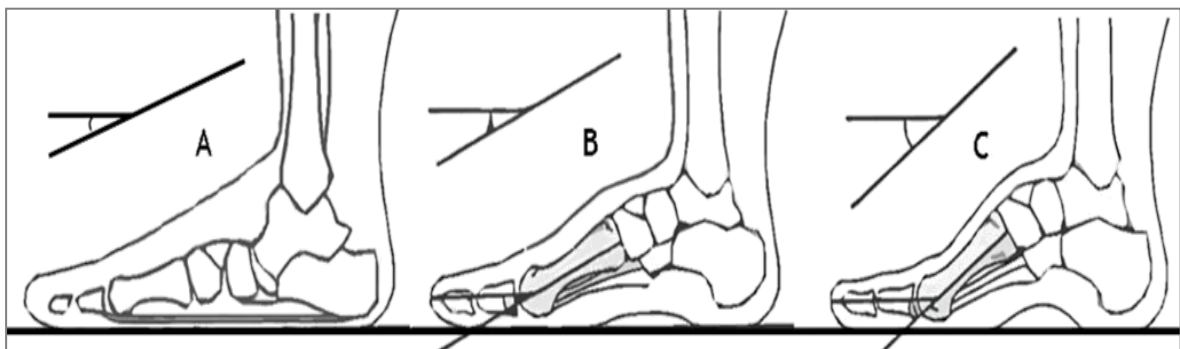


Figura 18: Clasificación del arco longitudinal interno del pie (ALI) en normal, alto o bajo. **A:** ALI disminuido (pie plano). **B:** ALI normal. **C:** ALI aumentado (pie cavo).

7.1.5. Cuantificación de las discrepancias de longitud de las EEII

Las diferencias en la longitud de las EEII (dismetrias o disimetrías) pueden relacionarse con alteraciones en la estática de la columna y por ende, de la postura.

Para su determinación se cuantificó la longitud real de las EEII con el escolar descansando en decúbito supino sobre la camilla.

El explorador debe alinear ambas extremidades tomando los tobillos con sus manos y ejerciendo una tracción equilibrada en ambas piernas, manteniéndolas juntas, de forma que ambas rodillas y tobillos se toquen por su cara medial y se coloquen a nivel. En condiciones de normalidad las piernas deben descansar sobre la camilla en extensión completa y apoyando la cara posterior de toda la EI en la camilla, con ligera abducción y en rotación indiferente, es decir, con la rótula mirando al cenit, las EIAS deben estar alineadas en horizontal y la columna lumbar apoyada totalmente en la camilla. En esta situación, se realizó la medición de la *longitud real* de las EEII (Fig. 19).

La longitud real se obtiene midiendo con una cinta métrica blanda, la distancia entre la EIAS y el maléolo medial del tobillo (exactitud de ± 10 mm). Si la distancia entre estos dos relieves óseos fijos es distinta entre ambas piernas, se verifica que estructuralmente una extremidad es más corta que la otra (discrepancia real), determinando un origen óseo⁸.



Figura 19. Medida de la longitud real (AA) de las EEII. Distancia en cm entre la EIAS y la cara medial del vértice del maléolo tibial. Esta medida permite determinar disimetrías de origen óseo.

Michaud²¹¹ considera que diferencias inferiores a 0,6 cm no tienen repercusiones clínicas y no deben ser tratadas, por lo que en este trabajo consideramos como normal las diferencias de longitud hasta 0,6 cm. Así, las clasificamos en disimetrías leves diferencias entre 0,6-0,9 cm y moderadas cuando eran ≥ 1 cm.

7.2. Valoración de la amplitud del movimiento articular

Cada articulación tiene un RDM normal condicionado por varios factores: morfología ósea y características de las partes blandas que la rodean (cápsula, ligamentos, tendones y músculos). Con la medida de la amplitud de movimiento de una articulación obtenemos información sobre la flexibilidad estática del sujeto²⁴. La cuantificación del RDM articular se realizó con el goniómetro, este instrumento es un transportador de ángulos de 180°, con dos ramas de longitud variable según los modelos, unidos por uno de sus extremos donde se encuentra una escala angular graduada. El punto central o fulcro se coloca en el eje de movimiento articular y la

lectura se realiza en las posiciones extremas resultantes del movimiento pasivo de la articulación²⁴. En este estudio se ha utilizado un goniómetro de dos brazos de plástico de 16 cm de longitud de la casa comercial *Psymtec* (Fig. 13).

7.2.1. Cuantificación del RDM de ABD/ADD de la articulación de la cadera

La amplitud del movimiento pasivo de abducción y aducción de la cadera se valoró con el escolar en decúbito supino, registrándolo como normal, o patológico cuando estaba limitado o era doloroso. Se consideró como normal un RDM mayor de 15°, para ambos movimientos.

7.2.2. Cuantificación del RDM de flexión de la articulación de la cadera

La amplitud del movimiento pasivo de flexión de cadera se valoró con el escolar en decúbito supino, registrándolo como normal, o patológico cuando estaba limitado o era doloroso. Se consideró como normal cuando superaba los 120°.

7.2.3. Cuantificación del RDM de ROTE y ROTI de la articulación de la cadera

Un movimiento de rotación de la cadera sin límite de su RDM ni dolor, descarta cualquier patología intraarticular, por lo tanto su cuantificación es de gran utilidad clínica¹⁰.

Se ha cuantificado el RDM de la ROTI y la ROTE¹⁰. En condiciones de normalidad la amplitud total de la rotación de cadera es de 90 a 100° (Fig. 20A). De este RDM, 40° corresponden a la ROTI y 55° a la ROTE.

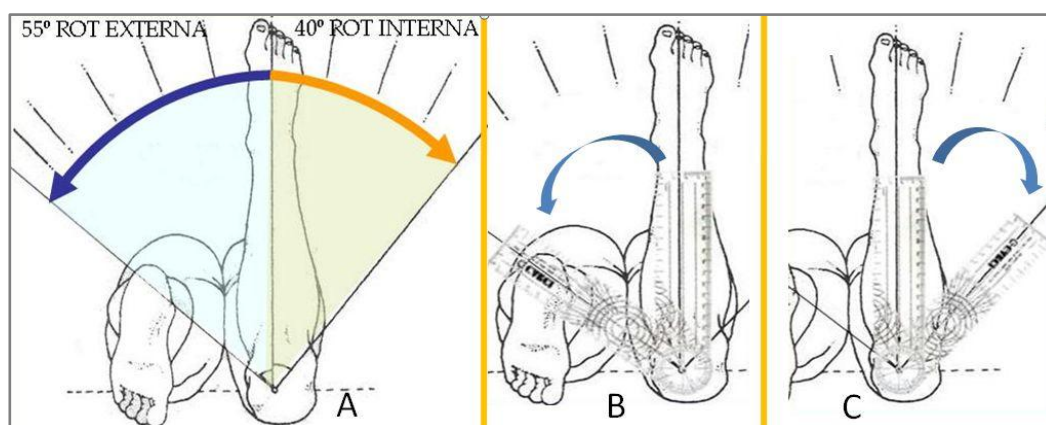


Figura 20. A: Arco de movimiento normal de las rotaciones de cadera (~90°-100°). **B:** Cuantificación goniométrica de la ROTE de la cadera. **C:** Cuantificación goniométrica de la ROTI de la cadera¹⁰.

Para cuantificar las rotaciones de cadera se colocó al escolar en decúbito prono con la cadera neutra y la rodilla flexionada 90°, el fulcro del goniómetro se apoya en la camilla y en el centro de la rótula, y los dos brazos del goniómetro se dirigen hacia el centro de la interlínea articular de la articulación del tobillo, siguiendo la línea media del segmento de la pierna. Desde esta posición de partida se inclina la pierna hacia medial para cuantificar la ROTE de la articulación coxofemoral (Fig. 20B), fijando la cadera contralateral para que no se despegue de la camilla y se incrementen los grados de

movimiento. Se realizó el mismo movimiento hacia lateral para cuantificar la ROTI (Fig. 20C).

7.2.4. Cuantificación de la FD de la articulación del tobillo

Bloqueos en el movimiento de las distintas articulaciones de las EEII en el plano sagital, pueden tener repercusiones ascendentes^{212,213}, de ahí la necesidad de descartar anomalías en el RDM de la cadera, rodilla, tobillo y de la 1AMTF, en el plano sagital.

El tobillo en el plano sagital realiza movimientos de flexo-extensión. La amplitud total normal de la movilidad en este plano es de 70°, correspondiendo 20° a la FD y 40-50° a la flexión plantar. Se cuantificó sólo el RDM de la FD, ya que su límite puede tener repercusiones dinámicas.

La goniometría de la FD del tobillo se realizó con el escolar en decúbito prono y con los pies fuera de la camilla. El fulcro del goniómetro se colocó en el centro de la cara externa del calcáneo, el brazo fijo dirigido hacia la cabeza del peroné y el móvil hacia la cabeza del quinto metatarsiano (Fig. 21A). Desde esta posición de partida, se realizó el movimiento pasivo de FD y cuantificaron los grados de desplazamiento (Fig. 21B). Se estableció como normalidad un mínimo de 10° de FD con la rodilla extendida¹³⁰. El grado de acortamiento del TS se clasificó en leve (FD entre 10°-6°) y moderado (FD ≤5°).

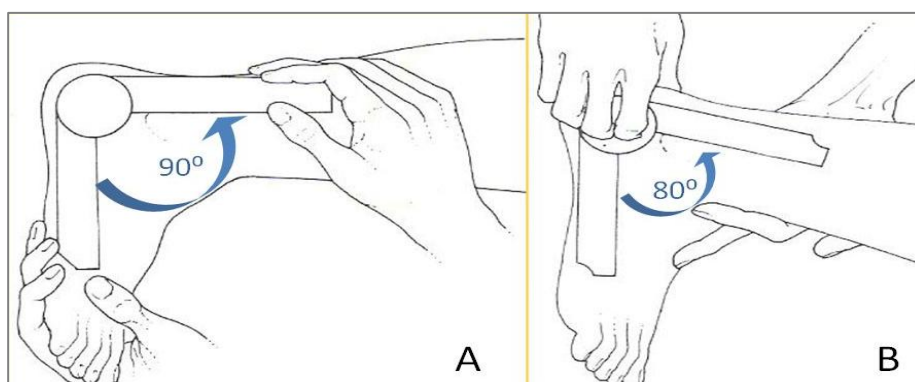


Figura 21. A: Posición de partida para la valoración de la FD de la articulación de tobillo¹³⁰. **B:** Rango de FD con la rodilla extendida, mínimo 10°.

7.2.5. Cuantificación de la FD de la 1AMTF

La 1AMTF del pie juega un papel muy importante en la fase de propulsión de la marcha. Cualquier limitación en su RDM requiere ser compensado por otras articulaciones durante la deambulación.

La amplitud total de los movimientos de flexo-extensión de la 1AMTF es de 115-135°, siendo la FD normal entre 70-90° (Fig. 22A). No se cuantificó la flexión plantar. La valoración se realizó en descarga, colocando a los escolares en decúbito supino en la camilla. El fulcro del goniómetro se colocó en el centro de la cara medial de la cabeza del primer metatarsiano, el brazo fijo paralelo a la planta del pie y el móvil en el centro

de la cara medial de la primera falange del *hallux*^{130,211,214}. Desde esta posición de partida se realizó el movimiento pasivo de la FD del *hallux* y cuantificaron los grados de movimiento (Fig. 22B).

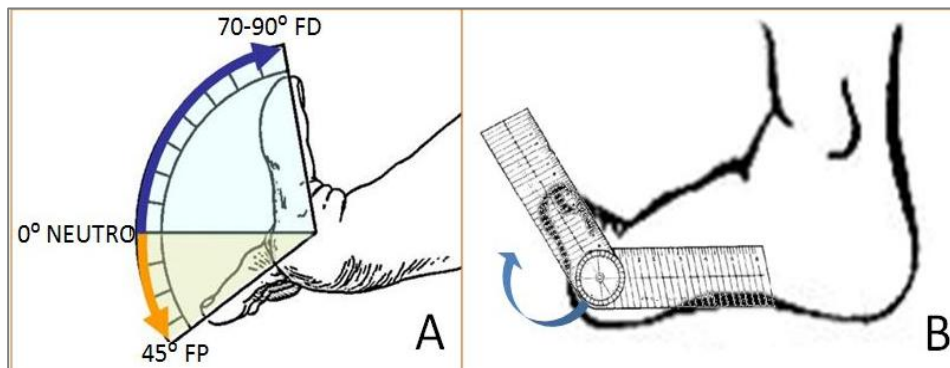


Figura 22. A: Movilidad normal de la 1AMTF²¹⁴. B: Cuantificación goniométrica del rango de FD de la 1AMTF.

Se clasificó el RDM de la FD de esta articulación como normal¹³⁰ cuando era superior a los 65°, *hallux límitus* (HL) para valores entre 35°-64° y como *hallux r gidus* (HR) cuando los valores eran inferiores a 35°.

7.3. Valoración de la flexibilidad del tronco y elasticidad muscular

Se han realizado distintos tests clínicos para determinar de la flexibilidad de las articulaciones de las EEII y de la columna. Estos test valoran la rigidez y resistencia al movimiento de las articulaciones.

7.3.1. Flexibilidad del tronco; Test de la distancia dedos-suelo (DDS)

Mediante este test se valoró la flexibilidad y elasticidad en general y más específicamente la flexibilidad del tronco y de la parte posterior del muslo, isquiosurales^{10,215}. Está basado en el método de la distancia dedos-suelo, descrito por la *American Academy of Orthopaedics Surgeons* de Chicago en 1965 (www.aaos.org/).

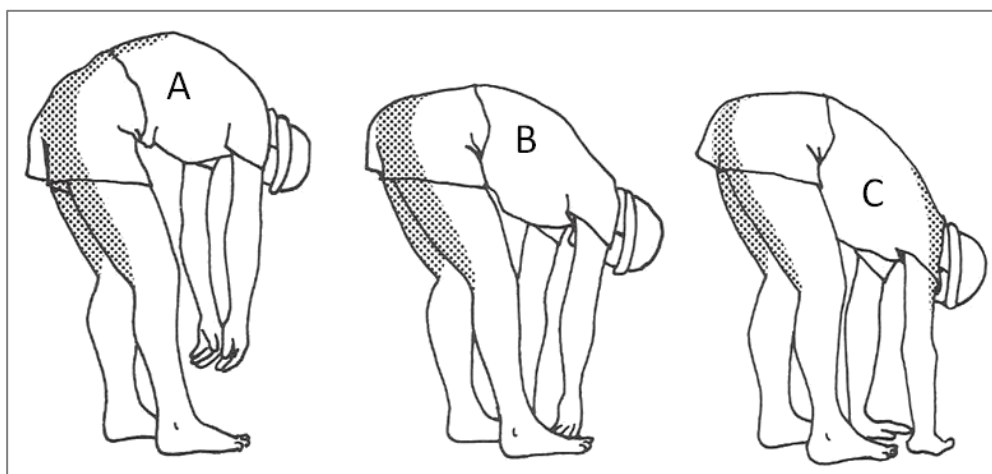


Figura 23. Test de la inclinación anterior del tronco (Test DDS). A: Mala flexibilidad. B: Buena flexibilidad. C: Muy buena flexibilidad.

Con el escolar en bipedestación estática, descalzo, con los maléolos internos en contacto y las rodillas completamente extendidas, se le pidió que realizase una inclinación del tronco hacia delante hasta tocar el suelo con los dedos de las manos extendidos y manteniendo las rodillas extendidas y la posición al menos 3 segundos^{10,24}. Si no se alcanzó a tocar se registró como mala flexibilidad. No se permitieron los rebotes para aumentar la distancia de flexión. Si tocaban el suelo y lo mantenían unos segundos se registró como buena flexibilidad (Fig. 23).

7.3.2. Elasticidad del psoasíaco; Test de Thomas

Este test se utiliza para valorar si el individuo presenta la articulación de la cadera fija en flexión, es decir, pone de manifiesto la incapacidad para extender adecuadamente la articulación de la cadera por disminución de la extensibilidad del músculo psoasíaco. Se valoró colocando al escolar en decúbito supino sobre la mesa de exploración. El explorador coloca una mano bajo la columna lumbar, exactamente entre la espalda del paciente y la mesa (Fig. 24A). Se flexiona completamente la cadera contraria a la que se está explorando en busca de una contractura en flexión fija, llevando su rodilla al pecho. Esto provocará la rotación de la pelvis, con el pubis moviéndose hacia la cabeza.

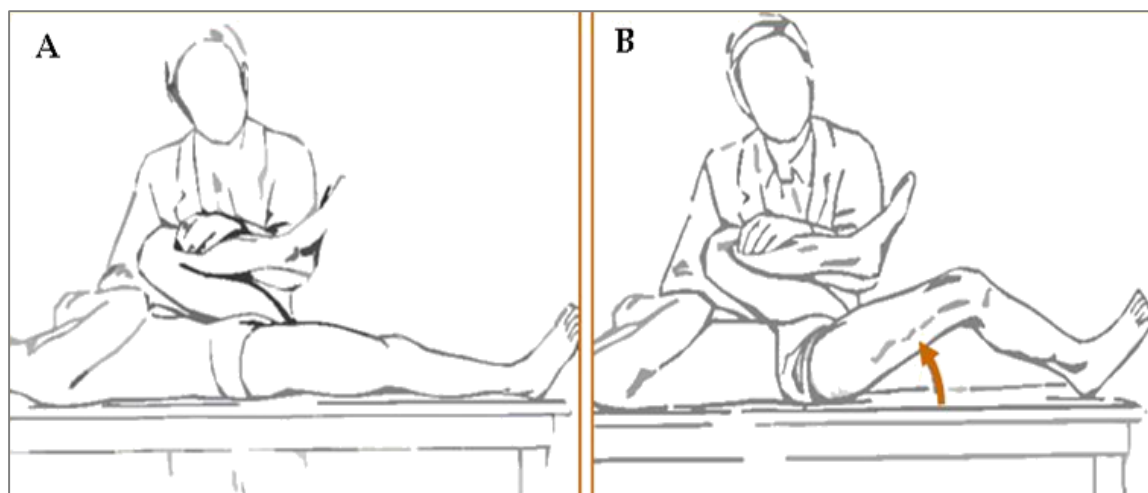


Figura 24. Test de Thomas²¹⁴. **A:** Test de Thomas negativo; **B:** Test de Thomas positivo, elevación del muslo de la camilla como consecuencia del acortamiento del músculo psoasíaco de la pierna extendida.

Cuando el paciente alcanza el punto final de flexión de cadera, se debe sentir la columna lumbar presionando la mano del explorador, debido a la rectificación de la lordosis lumbar. Si el paciente tiene una cadera fija en flexión, la cadera no puede extenderse por completo y la extremidad opuesta a la que se flexiona se levantará algunos grados sobre la mesa de exploración, porque es traccionada hacia arriba por la pelvis que rota. Esto indicaría que el test es positivo (Fig. 24B). Se empujará el muslo del lado que se evalúa hacia abajo para apreciar bien si se ha levantado de la mesa. El grado de contractura en flexión de la cadera viene determinado por los grados en que el

muslo se a eleva de la mesa^{8,10,214}. Si no hay contractura fija en flexión, la extremidad opuesta a la flexionada simplemente se extenderá a medida que rota la pelvis, y no se levantará de la mesa, esto se registró como negativo (Fig. 24A).

7.3.3. Elasticidad de los isquiosurales; Test 90:90

El acortamiento de los músculos isquiotibiales es una causa frecuente de asimetrías en la movilidad de la cadera y consecuentemente en la marcha. Para analizar la elasticidad de los músculos isquiosurales se realizó el *Test 90:90*¹⁰.

Para su valoración se colocó al escolar en decúbito supino con la cadera y rodilla flexionadas a 90° (Fig. 25A). En un primer momento se le pide que realice el movimiento de extensión de rodilla de forma activa. En segundo lugar se procede a cuantificar el test 90:90, para ello se localiza el epicóndilo femoral externo colocando sobre él el centro del goniómetro. Un brazo del goniómetro se dirige hacia el maléolo peroneo y el otro hacia el trocánter mayor del fémur. Desde esta posición de partida se mueve pasivamente la pierna hasta el final de la extensión de rodilla y se cuantifican los grados de extensión. El final del movimiento de extensión se alcanza cuando el explorador nota una resistencia al movimiento y en ese punto se cuantifica los grados del movimiento final resultante.

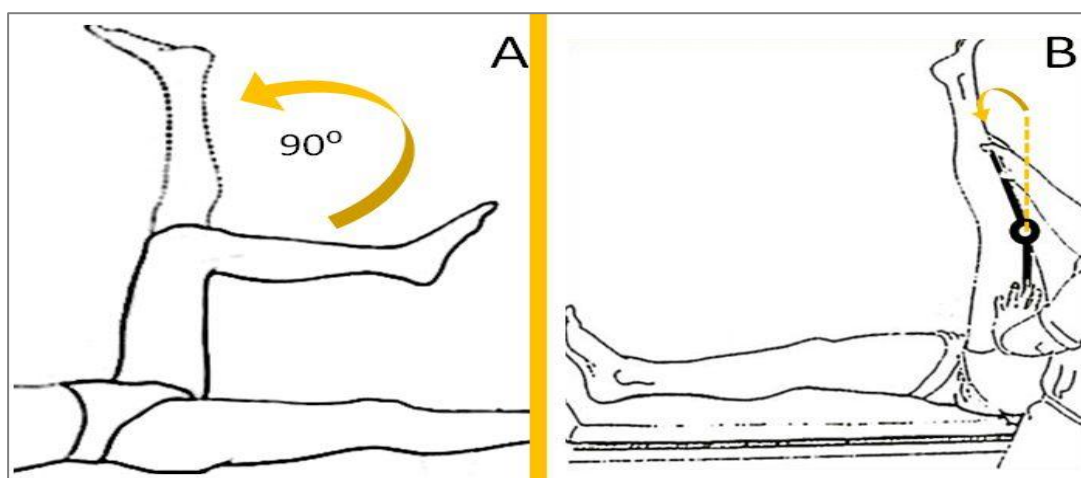


Figura 25. A: Rango de movimiento de extensión de rodilla normal. **B:** Cuantificación del Test 90:90, se registran los grados que faltan para alcanzar la extensión completa.

Se considera una buena flexibilidad de los músculos posteriores del muslo (isquiosurales) cuando se alcanzan los 90° de movimiento de extensión desde la posición de partida, es decir, la extensión completa de la rodilla. Si existe un acortamiento en la longitud de estos músculos no se podrá alcanzar el rango final del movimiento y se registran los grados que faltan para completar el movimiento completo de extensión de rodilla (Fig. 25B). Aunque para niños menores de 10 años se refieren valores positivos de este test cuando la extensión de rodilla es inferior al 70%¹⁰, en este

estudio se consideró normal, para ambos grupos de edad, hasta 20°, leve entre 20-30°; moderado entre 30-45°; y grave cuando es superior a 45°.

7.3.4. Elasticidad del cuádriceps; Test distancia talón-glúteo (DTG)

El test de la distancia talón-glúteo (DTG) se utiliza como prueba clínica para valorar el acortamiento del músculo recto femoral. Se exploró colocando al escolar en decúbito prono (Fig. 26), y una vez estaba relajado, se flexionó rápidamente de forma pasiva la rodilla¹⁰. Si el sujeto presenta buena flexibilidad se produce el contacto entre el talón del pie y el glúteo. Se debe alcanzar libremente una flexión de rodilla de 135° y que no revierta al dejar de presionar el explorador, permaneciendo la cadera siempre extendida.



Figura 26. Test de la distancia talón-glúteo (DTG) para valoración de la longitud del músculo cuádriceps. Es positivo si no se produce el contacto talón-glúteo. Medida de la distancia en cm.

El test se consideró positivo cuando no hubo contacto talón-glúteo. Se clasificó el grado de acortamiento de la longitud en normal (contacto talón-glúteo sin resistencia), leves (DTG ≤ 1 cm) y moderadas (DTG 2-4 cm) y grave (DTG ≥ 5 cm).

7.3.5. Elasticidad del Tríceps sural

La valoración de la elasticidad del TS se realizó mediante la cuantificación de los grados de FD de la articulación del tobillo, descrita en la página 59.

7.4. Valoración de las desviaciones de la columna vertebral

7.4.1. Test o Maniobra de Adams

Cuando en la inspección de la postura bípeda estática se observó una desalineación de la CV, se realizó el Test de Adams para determinar la estructuración o no de dicha desviación y poder diferenciar las actitudes escolióticas de la escoliosis estructurada^{10,214}.

Con el escolar en bipedestación estática se le pidió que realizase una flexión anterior del tronco con las rodillas extendidas, miembros superiores péndulos, manos a igual altura y con sus caras palmares en contacto. Se observó la espalda del niño por delante y por detrás. Este test aporta información sobre las curvas escolióticas, cifóticas, lordosis y flexibilidad o rigidez de la CV. El hallazgo más importante en el test de Adams es la aparición de una giba costal, dorsal o lumbar, expresión de una rotación vertebral y signo patognomónico de la escoliosis estructurada, ya que las escoliosis funcionales corrigen su curva con esta maniobra.

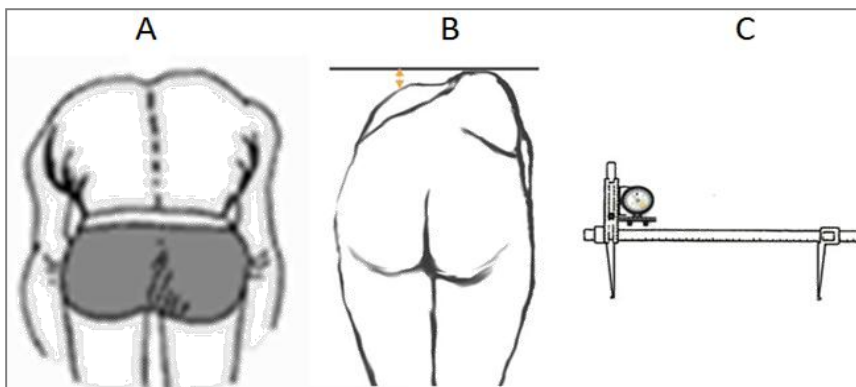


Figura 27. A: Test de Adams negativo²¹⁴. **B:** Test de Adams positivo con giba dorsal derecha. **C:** escoliómetro.

La existencia de una desviación de la columna, no es suficiente para diagnosticar una escoliosis, si en el examen tangencial de su tronco no se demuestra una giba costal (Fig. 27). Una vez descubierta la desviación de la CV se señala el nivel de la curva escolióticas (cérvico-dorsal, dorsal, dorso-lumbar, lumbar) y su dirección (izquierda o derecha) en función del lado de la convexidad de la curva. Las gibosidades costales se han cuantificado con un escoliómetro (*Psymtec Material Técnico*. www.psymtec.com) anotándose si se trataba sólo de actitud escoliótica, si era una escoliosis estructurada ($<7^\circ$ o $>7^\circ$).

7.4.2. Test de Adams lateral

Para valorar las alteraciones del raquis en el plano sagital (cifosis e hipercifosis), se utilizó también el test de Adams analizado en visión lateral¹⁰ (Fig. 20 y 28A). En la columna dorsal se valoró la presencia de hipercifosis torácica. Se observó la simetría del arco de la curvatura de la espalda (test negativo), o una pérdida del arco de curvatura normal de la columna dorsal (Fig. 28B), considerándose positivo. También se puede observar alteraciones en la lordosis lumbar con aplanamiento, o incluso saliente de la misma (Fig. 28C).

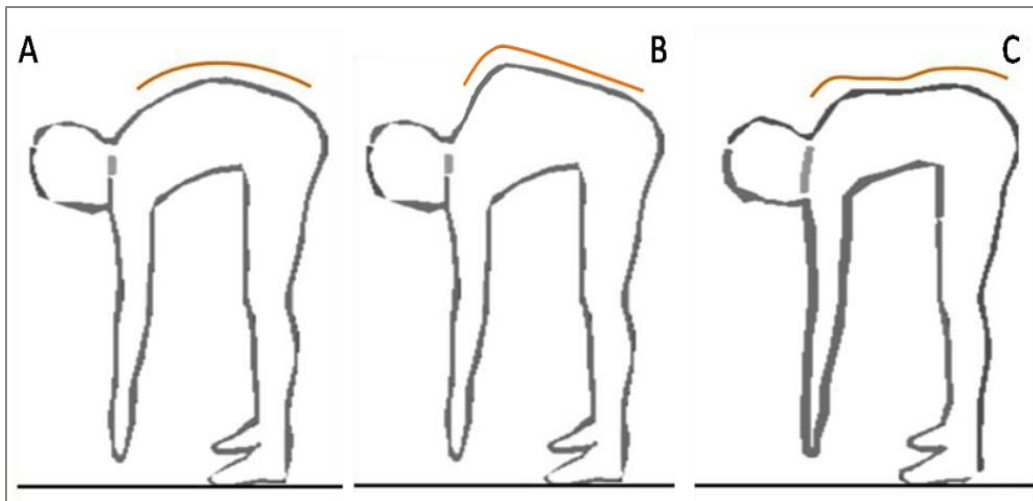


Figura 28. **A:** Test de Adams lateral negativo. **B:** Test de Adams lateral positivo, indicativo de hipercifosis. **C:** Test de Adams lateral positivo, rectificación lumbar.

Resultados

*Duda siempre de ti mismo, hasta que los datos
no dejen lugar a dudas.*

*Louis Pasteur (1822-1895)
Químico y Microbiólogo francés*

1. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Durante el periodo comprendido entre los meses de enero y junio de 2008, se estudiaron un total de 416 escolares de 9 y 15 años de edad, pertenecientes a once centros educativos de la Comunidad de Madrid. Las características de la muestra estudiada se describen en la Tabla 6.

La distribución por edad, fue de 259 niños de 9 años (62,3%), de los cuales 123 eran mujeres (47,5%) y 136 varones (52,5%); y 157 escolares de 15 años (37,7%), de los cuales 72 eran mujeres (45,9%) y 85 eran varones (54,1%).

TABLA 6. DESCRIPCIÓN DE LOS ESCOLARES ANALIZADOS, POR COLEGIO, EDAD Y SEXO

	N	%	9 AÑOS			15 AÑOS		
			NIÑAS	NIÑOS	TOTAL	NIÑAS	NIÑOS	TOTAL
MONTE TABOR	51	12,3	19	12	31	9	12	20
FRAY LUIS LEÓN	41	9,9	11	10	21	6	14	20
NTRA. SRA. PILAR	49	11,8	16	9	25	10	14	24
AMOR DE DIOS	52	12,5	14	12	26	15	11	26
LAS ROZAS	28	6,7	10	7	17	9	2	11
SAN GABRIEL	47	11,3	16	21	37	3	7	10
VEDRUNA	57	13,7	13	22	35	8	14	22
SANTA HELENA	16	3,8	3	5	8	1	7	8
CEIP AMADEO VIVES	37	8,9	9	28	37	0	0	0
KING'S COLLEGE	25	6,0	12	10	22	2	1	3
IES CARLOS III	13	3,1	0	0	0	9	4	13
TOTAL	416	100	123	136	259	72	85	157

2. DATOS ANTROPOMÉTRICOS DE LA MUESTRA

Los valores de las variables antropométricas de peso y talla e Índice de Masa Corporal (IMC), se describen en la Tabla 7.

TABLA 7. CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS, PESO Y TALLA E IMC, POR EDAD Y SEXO

	EDAD 9 AÑOS (n=259)			EDAD 15 AÑOS (n=157)		
	MUJER (n=123)	VARÓN (n=136)	p	MUJER (n=72)	VARÓN (n=85)	p
Altura (cm)	140,1±6,4	138,8±6,1	NS	162,5±6,2	173,1±8,6	<0,001
Peso (Kg)	36,3±7,9	34,5±7,4	NS	55,2±7,1	65,4±9,7	<0,001
IMC (Kg/m ²)	18,3±3,0	17,8±2,9	NS	20,7±2,3	21,8±2,5	0,009

NS: No significativo. IMC: Índice de Masa Corporal.

La distribución del IMC para cada grupo de edad se muestra en la Figura 29. Los niños de 9 años mostraron una mayor prevalencia de bajo peso que los adolescentes [93(43,7%) frente a 10(7,2%), p<0,001].

Un IMC compatible con obesidad sólo se observó en los niños de 9 años [12(5,6%)]. El 76,2% (n=105) de los adolescentes mostró un IMC dentro de la normalidad. No hubo diferencias por sexo dentro del grupo de 9 años, pero sí en el grupo de adolescentes, con una mayor prevalencia de sobrepeso en los varones [17(23,3%) frente a 6(9,2%); OR 2,9; IC95% 1,1-8,1, p=0,02].

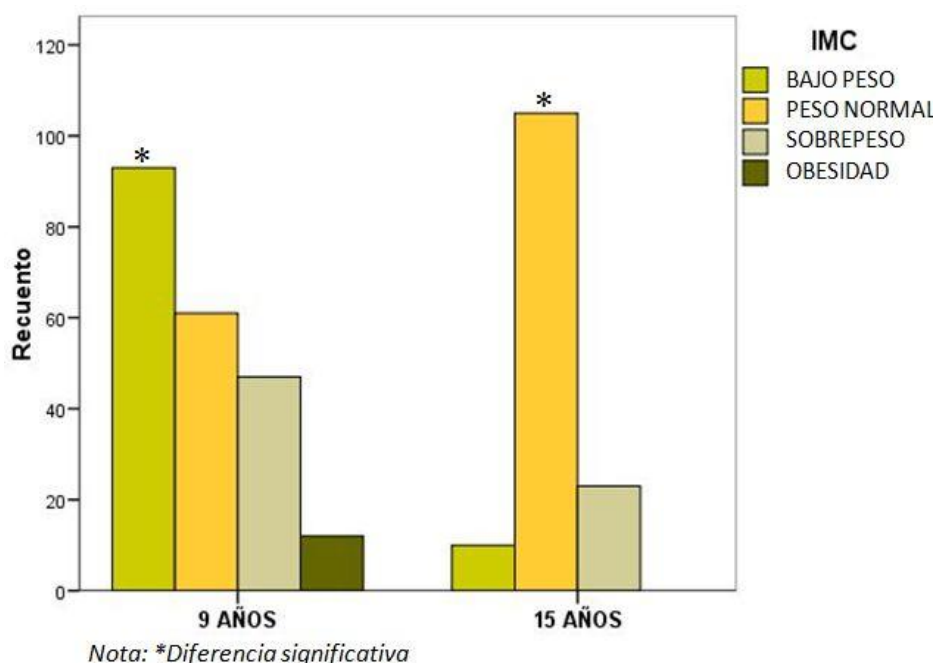


Figura 29. Distribución del IMC (Kg/m^2) en los niños de 9 y 15, adaptados a la edad y sexo según Cole et al²⁰⁸. Diferencias significativas entre los dos grupos de edad, con predominio de peso bajo y presencia de obesidad en los niños, y en los adolescentes normopeso sin obesidad.

El IMC se relacionó con el *genu* valgo en ambos grupos de edad, pero no con el pie plano, ni el valgo del talón. En el grupo de adolescentes el sobrepeso se relacionó con hábitos más sedentarios.

3. ANÁLISIS DE LOS FACTORES MODIFICADORES DE LA POSTURA

De los 416 cuestionarios enviados (Anexo III), 65 (15,8%) no pudieron ser analizados por falta de entrega o cumplimentación incompleta o incorrecta (n=351). De éstos, 216 (61,5%) correspondían a niños de 9 años y 135 (38,5%) a escolares de 15 años.

3.1. Colocación de la mochila

Los resultados por grupo de edad y sexo, se muestran en la Tabla 8.

La mochila de ruedas fue utilizada por el 34,3% de los niños de 9 años. Como se puede observar en la Tabla 8, las diferencias por edad han sido significativas en todos los aspectos relacionados con la colocación, peso y tiempo de carga de la mochila, mostrando peores hábitos en el transporte del material escolar los adolescentes que los niños. A la hora de analizar la colocación inadecuada de la mochila, en ambos grupos de

edad predominó la colocación sobre el hombro derecho, siendo utilizado en el 7,7% de los niños de 9 años, frente al 17,8% de los adolescentes. Por sexo, las mujeres de ambos grupos mostraron peores comportamientos en la colocación de la mochila que sus homólogos masculinos.

TABLA 8. COLOCACIÓN, PESO Y TIEMPO DE TRANSPORTE DE LA MOCHILA, POR EDAD Y SEXO

		9 AÑOS	15 AÑOS	EDAD 9 AÑOS (n=216)		EDAD 15 AÑOS (n=135)	
				MUJER	VARÓN	MUJER	VARÓN
COLOCACIÓN MOCHILA	CENTRADA	118(83,1%)	90(66,7%)	45(73,8%)	73(90,1%)	34(54,8%)	56(76,7%)
	HOMBRO D	11(7,7%)	24(17,8%)	7(11,5%)	4(4,9%)	14(22,6%)	10(13,7%)
	HOMBRO I	6(4,2%)	6(4,4%)	5(8,2%)	1(1,2%)	5(8,1%)	1(1,4%)
	DEPENDE	7(4,9%)	15(11,1%)	4(6,6%)	3(3,7%)	9(14,5%)	6(8,2%)
	DE RUEDAS	74(34,3%)		40(39,6%)	34(29,6%)		
	<i>P valor</i>	<0,001		NS*		<0,05	
PESO MOCHILA	≤5 LIBROS	142(65,7%)	62(45,9%)	67(66,3%)	75(65,2%)	25(40,3%)	37(50,7%)
	6-10 LIBROS	68(31,5%)	67(49,6%)	28(27,7%)	40(34,8%)	35(56,5%)	32(43,8%)
	≥10 LIBROS	6(2,8%)	6(4,4%)	6(5,9%)	0	2(3,2%)	4(5,5%)
	<i>P valor</i>	0,001		<0,05		NS	
TIEMPO CARGA	≤15 min	159(73,6%)	58(43%)	72(71,3%)	87(75,7%)	23(37,1%)	35(47,9%)
	16-30 min	42(19,4%)	49(36,3%)	23(22,8%)	19(16,5%)	28(45,2%)	21(28,8%)
	≥31 min	15(6,9%)	28(20,7%)	6(5,9%)	9(7,8%)	11(17,7%)	17(23,3%)
	<i>P valor</i>	<0,001		NS		NS	

NS: No significativo. NS*: p=0,055

En relación al peso de las mochilas, cabe destacar el exceso de peso (más de 10 libros) que llevaban las niñas de 9 años, superando en frecuencia a los adolescentes que llevaban igual carga (6 niñas frente a 4 adolescentes). Ningún varón de 9 años transportó más de 10 libros.

Al analizar del peso excesivo de las mochilas (superior al 15% del peso medio de cada grupo de edad), se ha observado que algo más de un tercio de los niños de 9 años, tanto varones como mujeres, cargaban un peso mayor al peso recomendado (33,7% mujeres y el 34,8% varones), mientras que en el grupo de 15 años sólo el 3,2% de las mujeres y el 5,5% de los varones llevaban un peso excesivo, superior al 15% de su peso corporal.

En cuanto al tiempo de transporte diario de la mochila, el tiempo de carga se incrementó significativamente en el grupo de adolescentes, de forma que casi un tercio de ellos transportaba la mochila durante más de 30 min cada día. No hubo diferencias por sexo en cada grupo de edad (Tabla 8).

En el grupo de 9 años se observó una relación entre el dolor de espalda, fundamentalmente dorsal, y un peso excesivo del material escolar para su peso corporal

($p < 0,05$). También se relacionó el dolor de cuello con el mayor tiempo de carga de la mochila ($p = 0,01$). En el grupo de adolescentes no se vio ninguna relación entre las características de las mochilas y las disfunciones músculo-esqueléticas. Las asociaciones globales (normal/patológico) se muestran en las Tablas 25-28.

3.2. Práctica deportiva extracurricular de los escolares

El porcentaje de escolares que realizaba algún deporte extraescolar de forma regular en algún club deportivo fue del 68,8% (Tabla 9), de los cuales el 36,6% practicaba deporte intenso, más de 4 días a la semana.

TABLA 9. DISTRIBUCIÓN POR EDAD Y SEXO DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y TIEMPO DE OCIO

		9 AÑOS	15 AÑOS	EDAD 9 AÑOS (n=228)		EDAD 15 AÑOS (n=143)	
				MUJER (n=113)	VARÓN (n=115)	MUJER (n=69)	VARÓN (n=74)
DEPORTE EXTRAESCOL	NINGUNO	74(32,5%)	42(29,4%)	47(41,6%)	27(23,5%)	32(46,4%)	10(13,5%)
	MODER	100(43,9%)	62(43,4%)	47(41,6%)	53(46,1%)	29(42,0%)	33(44,6%)
	INTENSO	54(23,7%)	39(27,3%)	19(16,8%)	25(30,4%)	8(11,6%)	31(41,9%)
	P valor	NS		0,005		<0,001	
HORAS TV	NINGUNA	46(20,2%)	10(7,0%)	32(28,3%)	14(12,2%)	6(8,7%)	4(5,4%)
	POCAS	149(65,4%)	97(67,8%)	66(58,4%)	83(72,2%)	47(68,1%)	50(67,6%)
	MUCHAS	33(14,5%)	36(25,2%)	15(13,3%)	18(15,7%)	16(23,2%)	20(27%)
	P valor	<0,001		0,01		NS	
HORS PC	NINGUNA	108(47,4%)	38(26,6%)	53(46,9%)	55(47,8%)	20(29%)	18(24,3%)
	POCAS	117(51,3%)	93(65%)	60(53,1%)	57(49,6%)	40(58%)	53(71,6%)
	MUCHAS	3(1,3%)	12(8,4%)	0	3(2,6%)	9(13%)	3(4,1%)
	P valor	<0,001		NS		NS	

NS: No significativo.

No se han observado diferencias en función de la edad, pero sí del sexo, de forma que los varones practicaban más deporte (80,4% frente al 56,6%; $p < 0,001$), significación que se mantuvo dentro de cada grupo de edad. Los varones de 15 años eran los que realizaban más actividad deportiva (86,5%), seguido de los varones de 9 años (76,5%). Sólo la mitad de las mujeres, tanto de 9 como de 15 años (58,4% y 53,6%, respectivamente), realizaban actividades deportivas extraescolares programadas (Tabla 9).

La práctica regular de deporte extraescolar no se relacionó con un IMC más bajo, en ningún grupo de edad. En los adolescentes se observó una asociación entre la práctica deportiva intensa y el dolor en las piernas ($p = 0,03$), concretamente en las rodillas. También se relacionó con el deporte los acortamientos del músculo cuádriceps ($p = 0,005$) y del músculo TS ($p = 0,017$). En los niños no se observaron relaciones significativas.

3.3. Hábitos sedentarios de los escolares

En contraposición al deporte, se analizó el estilo de vida sedentario en función del tiempo empleado en ver TV y/o jugar o trabajar con el PC cada día. Sólo el 18,6% de los escolares de la muestra total afirmaron ver mucha TV, mientras que el 4% pasaba mucho tiempo en el ordenador. Sin embargo, los hábitos más sedentarios se incrementaban notablemente si se valoraba el tiempo moderado de TV y PC, y la falta de actividad deportiva, afectando a la mitad de los escolares (59,6%). El tiempo diario frente al televisor y utilizando el PC, fue significativamente mayor en los adolescentes ($p<0,001$; Tabla 9). Los niños varones veían más TV que sus homólogas femeninas ($p<0,01$; Tabla 9). La distribución por edad y sexo se muestra en la Tabla 9. Los hábitos sedentarios no mostraron ninguna asociación significativa frente a ninguna de las variables analizadas.

4. ANÁLISIS DEL DOLOR MÚSCULO-ESQUELÉTICO INESPECÍFICO

4.1. Dolor de espalda en los escolares

El dolor de espalda mostró una prevalencia global del 16,3% ($n=22$ de 9 años y $n=46$ de 15 años). La localización más frecuente del dolor, en la muestra total, fue en la zona lumbar (9,4%), seguido de la cervical (4,6%) y dorsal (2,4%). El predominio lumbar se mantuvo dentro de cada grupo de edad.

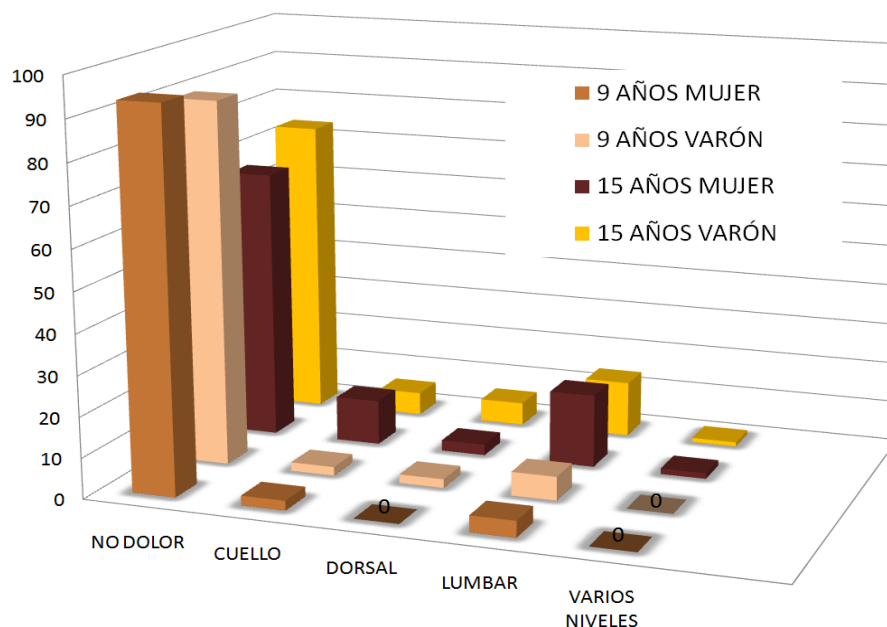


Figura 30. Distribución de la localización del dolor de espalda, según la edad y el sexo. Diferencias significativas por edad, pero no por sexo, dentro de cada grupo de edad. Se observa un mayor predominio de la lumbalgia.

El dolor de espalda fue significativamente más prevalente en el grupo de adolescentes [32,4% en 9 años frente al 67,6% en 15 años; $p<0,001$; OR= 4,4 (IC 95% 2,5-7,7)], siendo la zona lumbar la más frecuente en ambos sexos. Aunque no se

observaron diferencias significativas en función del sexo (Fig. 30), en el grupo de 15 años predominó en mujeres (33,3% frente al 25,9%).

En el grupo de 9 años el dolor de espalda se relacionó significativamente con las desviaciones de la columna lumbar en el plano sagital, concretamente la presencia de hiperlordosis lumbar ($p < 0,05$). No se observó una relación significativa entre el dolor de espalda y la colocación y el peso de la mochila, pero sí lo hubo con el tiempo de carga de la misma (13,3% dolor de espalda con tiempo de carga < 30 min, frente a un 26,7% de dolor cuando el tiempo era > 30 min; $p = 0,01$). En el grupo de 15 años el dolor no se asoció significativamente con ninguno de los parámetros posturales, ni factores de riesgo como la mochila o los estilos de vida más activos o sedentarios.

*El dolor de espalda se incrementó significativamente con la edad ($P < 0,001$).
En los niños, se observó una asociación significativa con la hiperlordosis lumbar y al tiempo de carga de la mochila.
No se encontraron asociaciones significativas en los adolescentes.*

4.2. Dolor en las extremidades inferiores

El dolor en las EEII fue menos prevalente, estando presente en el 8,4% de la muestra total. La localización más frecuente fue la rodilla (4,8%) seguido del pie y tobillo (3,6%). Ningún escolar refirió dolores en la articulación de la cadera.

No hubo diferencias significativas por edad ni sexo, aunque predominó ligeramente en los adolescentes (6,7% en niños y 11,5% en adolescentes). La rodilla fue la localización más frecuente del dolor en las EEII (3,5% de niños frente a 7% en los adolescentes).

En el grupo de 9 años el dolor de piernas se relacionó con la posición del talón ($p = 0,01$) y altura del arco del pie ($p < 0,05$), de forma que los talones en valgo y el arco bajo, mostraron asociación con el dolor en el pie y tobillo; mientras que los talones en varo y el arco alto, mostraron más relación con el dolor en rodilla. En los adolescentes no hubo asociaciones significativas.

*El dolor en las EEII no se relacionó con la edad ni el sexo.
En los niños, predominó en los pies y se asoció a la posición del retropié ($P < 0,01$) y el arco del pie ($P < 0,05$).
En los adolescentes, predominó en la rodilla y se relacionó con la intensidad del deporte practicado.*

5. ANÁLISIS DE LAS DESVIACIONES POSTURALES DE LOS ESCOLARES

5.1. Alineación de la cabeza

La prevalencia de desalineaciones de la cabeza fue del 36% del total de la muestra. Las desviaciones más frecuentes fueron: desviación lateral derecha (7,7%), lateral izquierda (5,3%), anterior (5,8%), lateral derecha y anterior (9,8%), lateral izquierda y anterior (7%). Las malas posiciones de la cabeza aumentaron

significativamente con la edad (30,9% 9 años frente a 43,9% 15 años; $p<0,01$), sin diferencias por sexo dentro cada grupo de edad. La combinación de proyección anterior e inclinación derecha predominó en ambos grupos de edad. La distribución de las desviaciones por grupo de edad y sexo se muestran en la Figura 31.

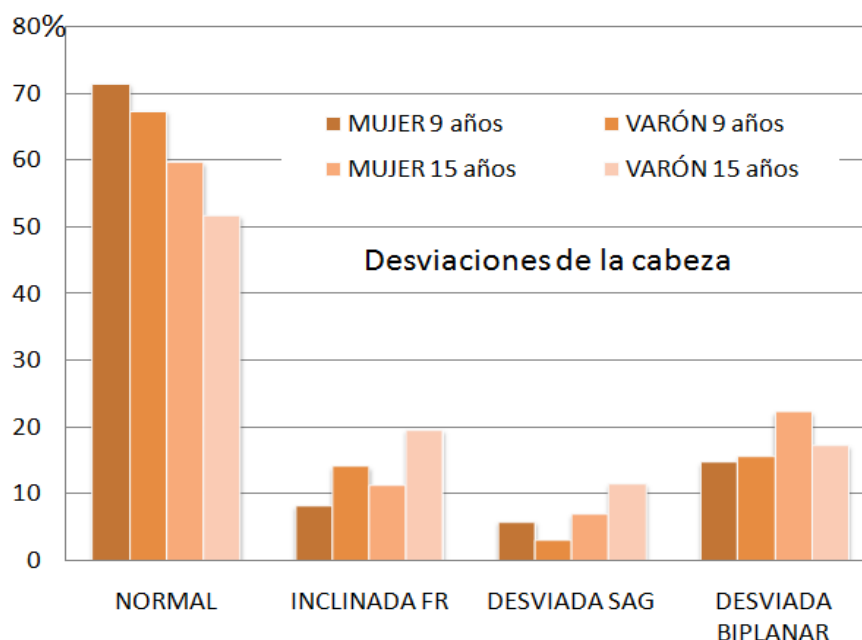


Figura 31. Desviaciones de la posición de la cabeza en el plano frontal (FR) (inclinación lateral derecha e izquierda); en el plano sagital (SAG) (proyección antero-posterior) y desviaciones mixtas, por edad y sexo.

Las asociaciones globales de este segmento se muestran en las Tablas 25-28.

5.2. Alineación de la cintura escapular

La prevalencia de desalineación de los hombros en la muestra total fue del 59,2%. Predominó el descenso del hombro derecho (21,1%) seguido del hombro izquierdo (13,4%). Los hombros proyectados hacia adelante se observaron en un 2,4%, descendido el derecho y desplazado anteriormente en un 12,5%, descendido el izquierdo y desplazado hacia adelante en el 9,8% y las desviaciones mixtas de un 1,2%.

Los hombros a distinta altura predominaron significativamente en los adolescentes (53,7% en 9 años frente al 68,2% en 15 años; $p=0,01$), sin diferencias por sexo en ningún grupo. Predominaron significativamente las desalineaciones en el plano frontal. Los resultados por grupo de edad y sexo, agrupando todas las desalineaciones observadas, se detallan en la Figura 32.

Las asociaciones significativas de las desviaciones globales de la posición de los hombros se exponen en las Tablas 25-28.

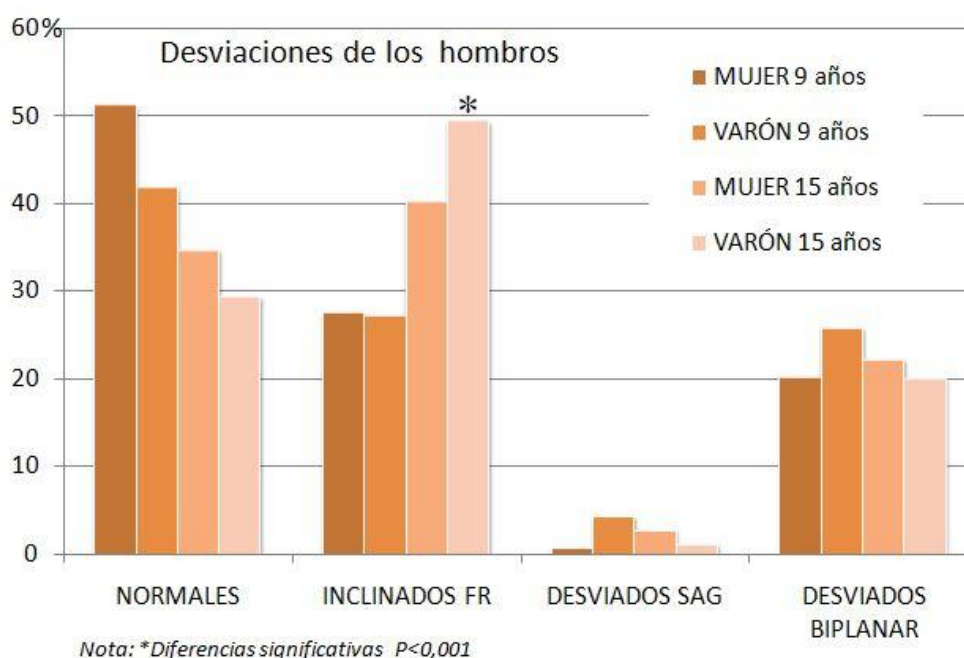


Figura 32. Desviaciones de los hombros en el plano frontal (FR) (inclinación lateral derecha e izquierda); en el plano sagital (SAG) (proyección antero-posterior) y desviaciones mixtas, por edad y sexo.

En relación a la posición de las escápulas, la prevalencia de malas posiciones fue del 68,8% en la muestra total. Se mostró descendida la derecha en el 23,7%, descendida la izquierda en el 17,4%, aladas en el 14,7%, abducida la izquierda en el 2,4%; abducida la derecha en el 1,7%; y el 8,9% de los escolares mostraban desalineaciones biplanares.

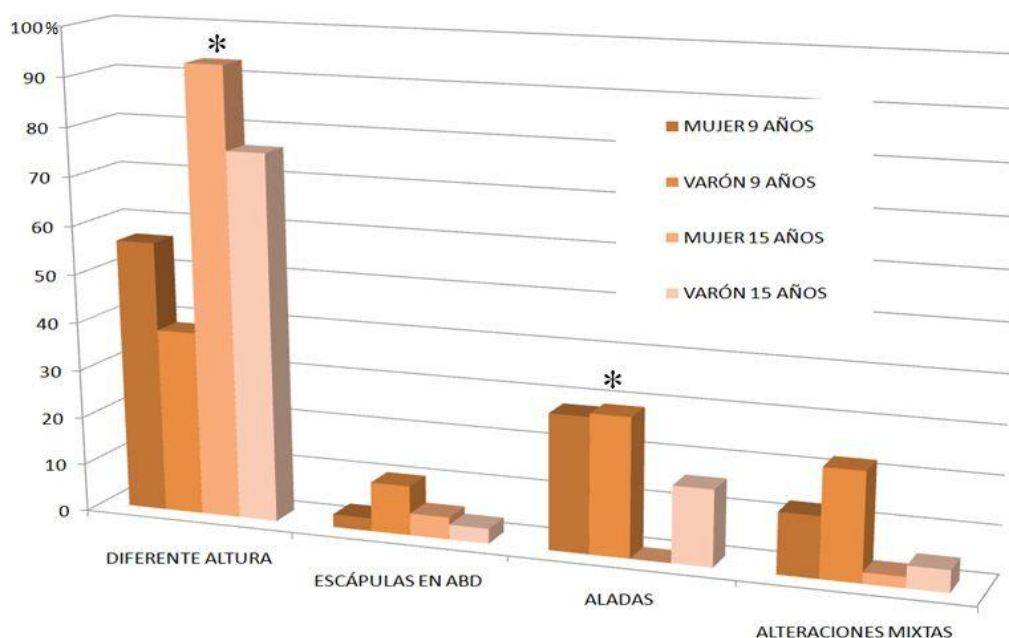
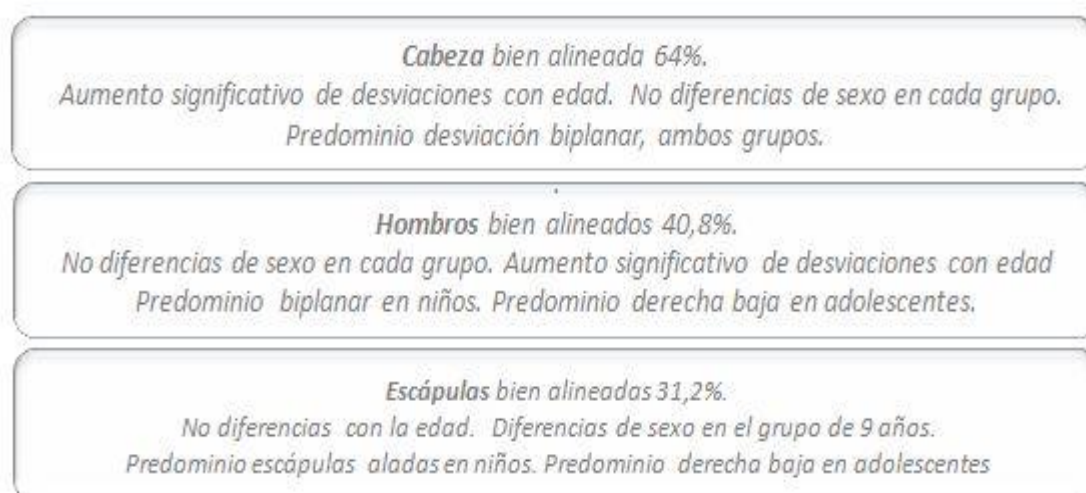


Figura 33. Porcentaje de desalineaciones de las escápulas, por edad y sexo. El defecto postural predominante en el grupo de 9 años fueron las escápulas aladas, en el de 15 años fueron las asimetrías frontales.

Hubo diferencias significativas en función de la edad con un predominio significativo de las escápulas aladas en los niños (19,9% en el grupo de 9 años frente al 6,4% en el de 15 años; $p < 0,001$), mientras que en el grupo de 15 años predominaron las desviaciones en el plano frontal (32,7% 9 años frente al 56% 15 años). Los varones de 9 años mostraron las escápulas significativamente peor alineadas que sus homólogas femeninas (77,3% varones frente a 59,3% mujeres; $p = 0,001$). Los porcentajes de alteraciones de las escápulas por edad y sexo se exponen en la Figura 33, observando que en ambos grupos de edad predominaron las alteraciones en el plano frontal.

En las Tablas 25-28 se muestran las asociaciones significativas de las alteraciones globales de las escápulas.



5.3. Alineación de la columna vertebral en el plano frontal

La prevalencia de desalineación de la CV, tanto en el plano frontal como sagital, fue del 70% en la muestra total, no existiendo diferencias significativas por edad (69,1% 9 años frente al 71,3% en 15 años) ni sexo, dentro de cada grupo.

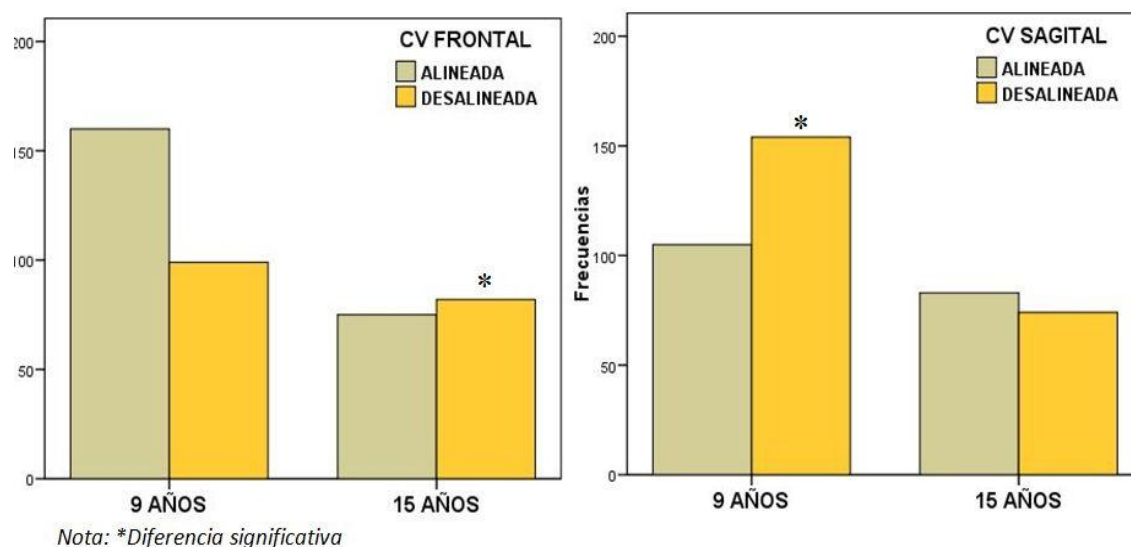


Figura 34. Frecuencia de desalineaciones de la CV en el plano frontal y sagital, por edad.

Por planos (Fig. 34), la columna se mostró peor alineada en el plano frontal en los adolescentes [82(52,2%) frente al 99(38,2%); $p=0,005$] y en el plano sagital en los niños [154(59,5%) frente al 74(47,1%); $p<0,05$].

La prevalencia de las desalineaciones de la CV en el plano frontal (escoliosis y actitudes escolióticas) en la muestra total fue del 43,6%. La curva torácica izquierda (TI) fue la de mayor frecuencia, apareciendo en el 21,1% de los escolares, seguida de la curva torácica derecha (TD 11%) y lumbar izquierda (LI 5%).

TABLA 10. NIVEL DE LAS CURVAS DE LA COLUMNA VERTEBRAL EN BIPEDESTACIÓN POR EDAD Y SEXO

	9 AÑOS	15 AÑOS	9 AÑOS		15 AÑOS	
			MUJER	VARÓN	MUJER	VARÓN
COLUMNA RECTA	160(61,6%)	75(47,8%)**	78(63,4%)	82(60,3%)*	35(48,6%)	40(47,1%)
CURVA 'C' TD	15(5,8%)	31(20,1%)	10(8,1%)	5(3,7%)	16(22,2%)	15(17,6%)
CURVA 'C' TI	59(22,9%)	29(18,2%)	23(18,7%)	36(26,5%)	10(13,9%)	19(22,4%)
CURVA 'C' LD	0	2(1,3%)	0	0	0	2(2,4%)
CURVA 'C' LI	9(3,5%)	12(7,5%)	7(5,7%)	2(1,5%)	8(11,1%)	4(4,7%)
CURVA 'C' TLD	2(0,8%)	0	1(0,8%)	1(0,7%)	0	0
CURVA 'C' TLI	6(2,3%)	1(0,6%)	4(3,3%)	2(1,5%)	0	1(1,2%)
CURVA 'S' TD-LI	8(3,1%)	7(4,4%)	0	8(5,9%)	3(4,2%)	4(4,7%)

TD: convexidad torácica derecha, **TI:** convexidad torácica izquierda, **LD:** convexidad lumbar derecha, **LI:** convexidad lumbar izquierda, **TLD:** convexidad torácico-lumbar derecha, **TLI:** convexidad torácico-lumbar izquierda, **TD-LI:** convexidad torácica derecha y lumbar izquierda.

****Diferencias por edad $p<0,001$. *Diferencia significativa de sexo ($p=0,01$), sólo en el grupo de 9 años.**

Las curvas del raquis se incrementaron significativamente con la edad (Tabla 10), siendo más prevalentes en los adolescentes que en los niños ($p<0,001$). Hubo diferencias por sexo sólo en el grupo de 9 años, mostrándose más desalineada en los niños ($p=0,01$). Las curvas torácicas fueron más frecuentes en ambos grupos de edad, predominando la TD en adolescentes, y la TI en niños. Los adolescentes mostraron un mayor porcentaje de desviaciones lumbares (8,8%).

A los escolares que presentaban alguna incurvación lateral de la CV en bipedestación estática ($n=181$, 43,6%; Fig. 35), se les realizó el Test de Adams para diferenciar las actitudes escolióticas de curvas estructuradas y, en éstas últimas, determinar la magnitud de la giba costal. La prevalencia global de actitudes escolióticas fue del 28,7%, frente al 71,3% que mostró algún grado de gibosidad costal. Por grupo de edad, el test de Adams resultó positivo en el 23,9% ($n=62$) de los niños y en el 42,7% ($n=67$, $p=0,005$) de los adolescentes (Fig. 36). Sólo el 1,4% ($n=6$) de la muestra total mostró gibas costales superiores a 70° , las cuales correspondían a adolescentes diagnosticados de escoliosis idiopática. En el momento de la evaluación dos mujeres se encontraban en tratamiento con un corsé y otros 4 adolescentes, una mujer y tres varones, habían sido tratados y estaban en seguimiento con su médico

ortopeda. Estos representaron el 3,8% del total de adolescentes. Entre ellos predominaron las gibosidades costales torácica (3 TD y 1 TI), hubo una gibosidad en "C" TLI y otra en "S" TD-LI. Todos ellos se encontraban ya en un estadio madurativo Grado IV de la Escala de Tanner. La positividad de este test de Adams fue significativamente mayor en el grupo de adolescentes ($p=0,005$; Fig. 36). No hubo diferencias por sexo dentro de cada grupo de edad.

Ningún niño de 9 años mostró gibosidades mayores de 7°. En las niñas la prevalencia fue del 26%, encontrándose todas ellas en estadios madurativos Grados I (46%) y II (19%) de la Escala de Tanner. En los niños la prevalencia fue del 22,1%, encontrándose el 59,5% en el Grado I y el 7,5% en el Grado II. La prevalencia de gibas menores de 7° en adolescentes fue del 45,8% en las mujeres, encontrándose todas ellas en estadios madurativos superiores al II (17,1% Grado III; 62,8% Grado IV; 11,5% Grado V). En los varones la prevalencia fue del 40%, de los cuales el 2,5% se encontraba en el Grado II (2,5% Grado III; 85% Grado IV; 7,5% Grado V).

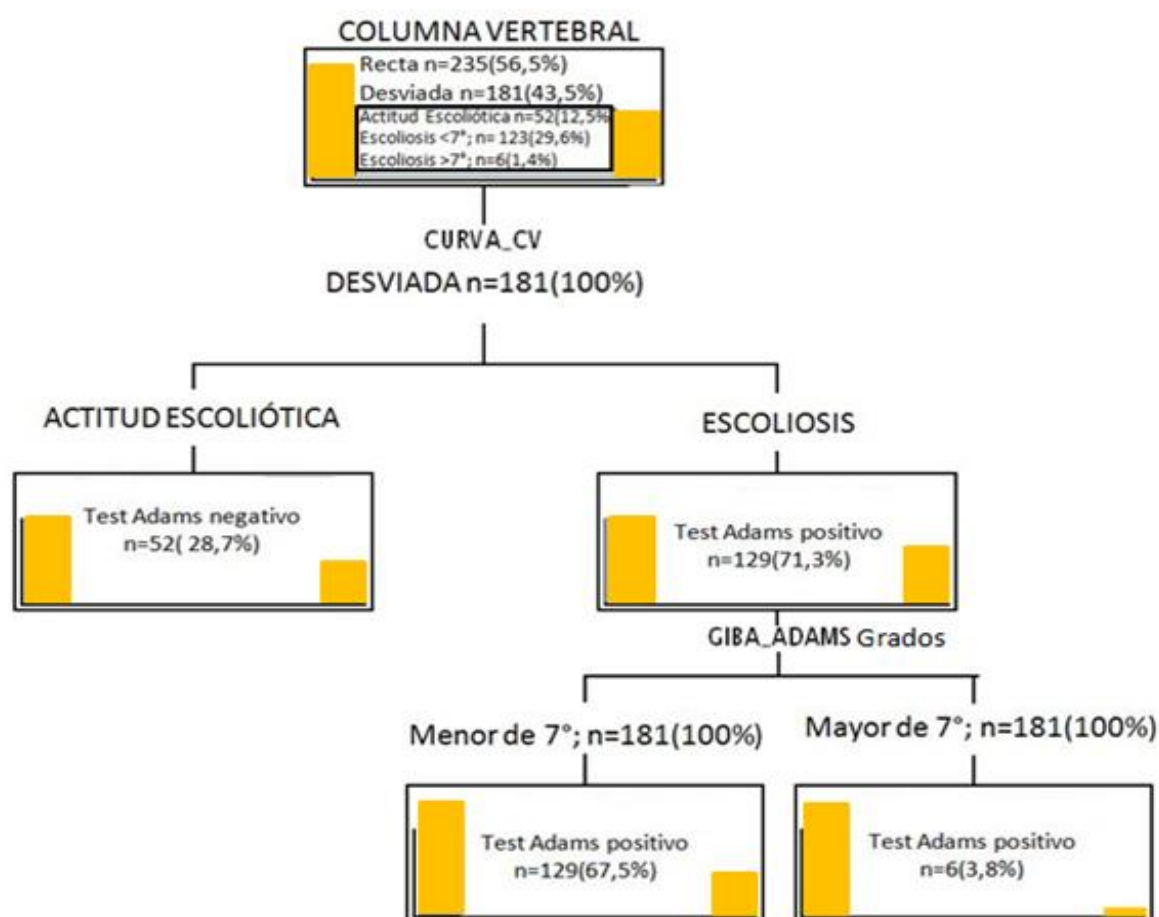


Figura 35. Árbol de clasificación de las desviaciones de la CV en el plano frontal en la muestra total de escolares ($n=416$).

En las Tablas 25-28 se muestran las asociaciones significativas de las alteraciones de la CV en el plano frontal, global.

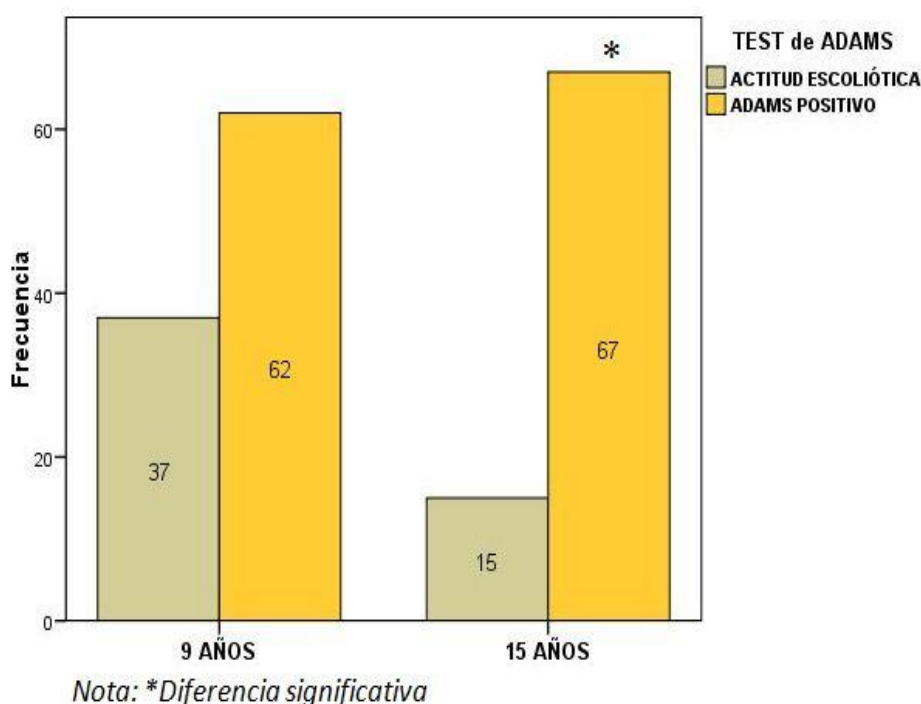


Figura 36. Test de Adams por grupo de edad, realizado cuando se observó una curva de la CV en bipedestación estática. Se observaron diferencias significativas entre ambos grupos de edad. No diferencias por sexo dentro de cada grupo.

Se analizó la mano dominante para valorar su relación con una mala alineación de la cintura escapular y/o de la CV. El 92,6% de la muestra total eran diestros y zurdos el 7,1%. Sólo el 0,3% eran ambidiestros. La dominancia de una mano no se asoció significativamente con desequilibrios del raquis, posición de las escápulas, hombros ni cabeza, en ningún grupo de edad.

Columna frontal bien alineada 56,4%.
 Aumento significativo de desviaciones de la CV con edad. No diferencias de sexo.
 Predominio desviación torácicas, ambos grupos (TI 9 años, TD 15 años).
 Actitudes escolióticas en el 12,5% de la muestra total.
 Test Adams positivo en el 31% de la muestra total.
 Escoliosis inferiores a 7° en el 29,6%. Escoliosis mayores 7° en el 1,4% de la muestra total

5.4. Alineación de la columna vertebral en el plano sagital

La prevalencia de desequilibrios de la CV en el plano sagital fue del 54,8% de la muestra total. Hubo diferencias significativas entre los dos grupos de edad disminuyendo las desalineaciones sagitales de la CV con la edad (59,5% 9 años frente al 47,1% 15 años; $p=0,01$). No hubo diferencias por sexo en ningún grupo de edad. Los resultados analizados conjuntamente por edad y sexo se muestran en la Tabla 11.

5.4.1. Alineación de la columna dorsal

No se observó ningún caso de cifosis patológica al valorar el Test de Adams en visión lateral. La prevalencia de actitudes cifóticas fue del 9,6% en la muestra total. La actitud cifótica fue más frecuente en el grupo de 15 años (12,1% frente al 8,1%),

aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa. Sí hubo diferencias por sexos en el grupo de 9 años, predominando significativamente en varones (12,5% frente al 2,2%, $p=0,006$). Estas diferencias se mantuvieron en el grupo de adolescentes, pero no de forma significativa (Tabla 11).

TABLA 11. PORCENTAJE DE DESALINEACIONES DE LA COLUMNA DORSAL, LUMBAR Y PELVIS, EN EL PLANO SAGITAL, POR EDAD Y SEXO.

				EDAD 9 AÑOS (n=259)		EDAD 15 AÑOS (n=157)	
		9 AÑOS	15 AÑOS	MUJER (n=123)	VARÓN (n=136)	MUJER (n=72)	VARÓN (n=85)
CV DORSAL	NORMAL	238(91,9%)	138(87,9%)	119(96,7%)	119(87,5%)	67(93,1%)	71(83,5%)
	PATOLÓG	21(8,1%)	19(12,1%)	4(3,3%)	17(12,5%)	5(6,9%)	14(16,5%)
	P valor	NS		0,006		NS	
CV LUMBAR	NORMAL	112(43,2%)	97(61,8%)	51(41,5%)	61(44,9%)	42(58,3%)	55(64,7%)
	PATOLÓG	147(56,8%)	60(38,2%)	72(58,5%)	75(55,1%)	30(41,7%)	30(35,3%)
	P valor	0,001		NS		NS	

NS: No significativo.

La presencia de actitud cifótica se asoció significativamente a la proyección anterior de los hombros y cabeza en el grupo de 9 años ($p<0,05$). En los escolares de 15 años se asoció a desequilibrio de la cabeza ($p=0,01$) y en las mujeres de 15 años se relacionó con un mayor tiempo de transporte de la mochila ($p<0,05$). Las asociaciones globales de este segmento se reflejan en las Tablas 25-28.

5.4.2. Alineación de la columna lumbar

La prevalencia de desalineación de la columna lumbar en el plano sagital fue del 50,2%, hiperlordosis en el 48,8% de la muestra, mientras que la rectificación del segmento lumbar sólo se observó en el 1%. La hiperlordosis predominó significativamente en el grupo de 9 años (56% frente al 36,9%; $p=0,001$). No se observaron diferencias por sexo en ninguna edad (Tabla 11).

La desalineación más prevalente de la columna en el plano sagital fue la hiperlordosis lumbar, en los dos grupos de edad y en ambos sexos (Tabla 11).

La presencia de hiperlordosis lumbar se asoció significativamente a alteraciones de la cabeza, hombros, escápulas y pelvis ($p<0,001$). En el grupo de 9 años, se asoció al dolor de espalda ($p=0,02$). En las Tablas 25-28 se muestran las asociaciones significativas de las alteraciones globales de la columna sagital.

Columna sagital bien alineada 41%. Hiperlordosis lumbar en el 48,7%. Cifosis en el 9,6%.
Diferencias significativas de edad en la hiperlordosis lumbar, con predominio en niños de 9 años. No para la cifosis.
Si diferencias de sexo en la cifosis, con predominio en varones. No para la hiperlordosis.

5.5. Alineación de la pelvis

Prácticamente la mitad de los niños mostraron una pelvis desequilibrada (48,7%). Al igual que observamos en la columna, los desequilibrios de la pelvis en el plano sagital fueron más prevalentes en los niños de 9 años [43,6% (n=113) frente a 31,2% (n=49), $p<0,05$]; mientras que los desequilibrios en el plano frontal predominaron en los adolescentes [63(24,3%) frente a 63(40,1%); $p=0,001$].

A continuación se describen sólo las alteraciones de la pelvis en el plano frontal, ya que las anteversiones y retroversiones pélvicas fueron concordantes con las del segmento lumbar de la columna. La prevalencia de inclinaciones laterales de la pelvis (EIAS a diferente altura) fue del 30,3% en la muestra total. Predominó la caída hacia la derecha de la pelvis en los dos grupos de edad y en ambos sexos (18,5% frente al 11,8%).

Se han observado diferencias significativas entre ambos grupos de edad, con mayor desequilibrio en los adolescentes (40,2% frente al 24,3%, $p=0,003$). No hubo diferencias por sexo en ningún grupo de edad (Tabla 12).

La inclinación de la pelvis se asoció significativamente con desequilibrios del segmento superior e inferior del cuerpo: cabeza, hombros, escápulas, actitud escoliótica y escoliosis, diferencias de longitud de las EEII y posición de los talones ($p<0,01$), con retracciones de los músculos isquiopoplíteos ($p=0,001$) y del cuádriceps ($p=0,03$). Las asociaciones globales de la pelvis se muestran en las Tablas 25-28.

*Pelvis frontal bien alineada 69,7%.
Predominio inclinación derecha (18,5%), en ambas edades y sexos. Inclinación izquierda en el 11,8%.
Diferencias significativas de edad, con incremento inclinaciones con la edad ($P=0,003$).
No diferencias de sexo, en ninguno los dos grupos de edad.*

5.6. Longitud de las extremidades inferiores

Para facilitar la exposición de los resultados y dado que no se han observado diferencias significativas entre ambas EEII para cada uno de los parámetros analizados, se ha calculado los valores medios de ambas extremidades.

5.6.1. Diferencias en la longitud de las extremidades inferiores

La representación de los valores medios de la longitud real de las EEII por grupo de edad, se reflejan en la Figura 37.

En el grupo de 9 años los valores medios de la longitud de las EEII fueron de $73,6\pm 4,14$ cm (min., 62 cm; máx., 87 cm). En el grupo de 15 años fueron de $89,2\pm 5,89$ cm (min., 77 cm; máx., 108 cm).

Clasificando las diferencias de longitud en leves (6-9 mm) y moderadas (≥ 10 mm), se observó que el 28,8% de la muestra total presentaba disimetrías entre 6 y 10

mm, y el 8,2% superior a 10 mm (Tabla 12). La prevalencia de disimetrías moderadas fue significativamente mayor en los adolescentes ($p=0,003$). No hubo diferencias por sexo en ningún grupo de edad.

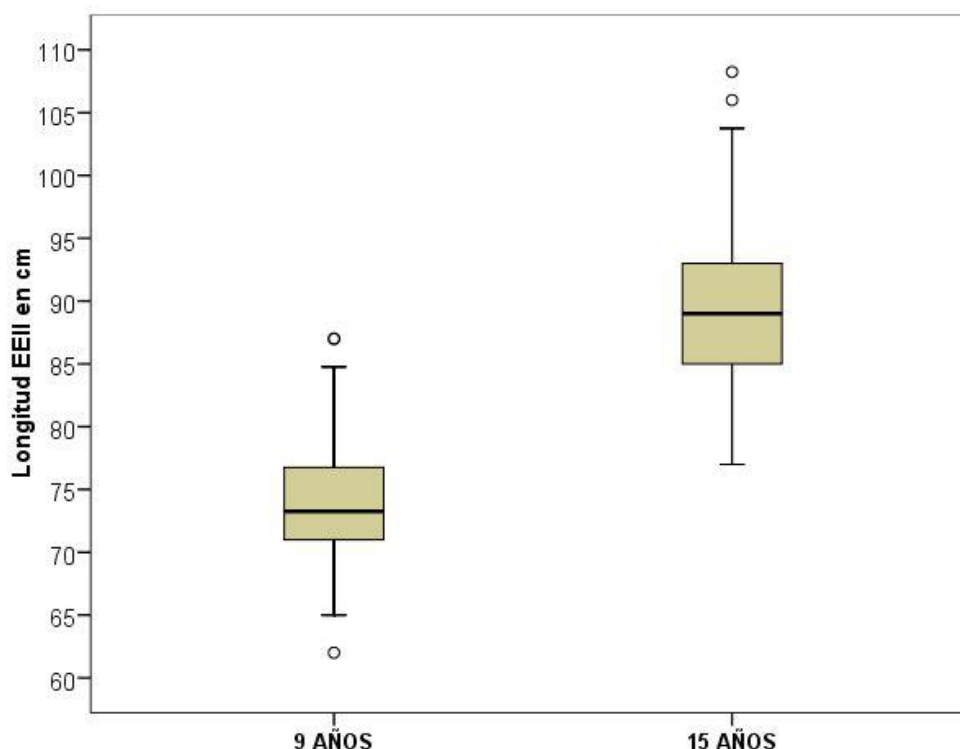


Figura 37. Valores medios de la longitud real de las EEII (cm), por edad.

Se observó una asociación significativa entre presencia de disimetría con desalineaciones de cabeza, hombros, CV y pelvis, en el plano frontal ($p<0,001$), pero no con asimetrías en la posición del talón, ni del arco del pie. Las asociaciones globales de la pelvis frontal y de la presencia de disimetrías se detallan en las Tablas 25-28.

TABLA 12. PELVIS FRONTAL Y DIFERENCIAS DE LONGITUD REAL LAS EEII, POR EDAD Y SEXO

		9 AÑOS (n=259)	15 AÑOS (n=157)	9 AÑOS		15 AÑOS	
				MUJER	VARÓN	MUJER	VARÓN
PELVIS FRONTAL	NORMAL	196(75,7%)	94(59,9%)	92(74,8%)	104(76,5%)	43(59,7%)	51(60,0%)
	INCLINADA	63(24,3%)	63(40,2%)	31(25,2%)	32(23,6%)	29(40,3%)	34(40%)
	P	0,003		NS		NS	
LEEI	NORMAL	167(64,5%)	95(60,5%)	80(65,0%)	87(64,0%)	44(61,1%)	51(60,0%)
	D. LEVE	80(30,9%)	40(25,5%)	39(31,7%)	41(30,1%)	20(27,8%)	20(23,5%)
	D. MOD	12(4,6%)	22(14,0*%)	4(3,3%)	8(5,9%)	8(11,1%)	14(16,5%)
	P	0,003		NS		NS	

NS: No significativo. D: disimetría.

5.6.2. Alineación frontal de las extremidades inferiores

La prevalencia de desalineaciones angulares de las rodillas en el plano frontal fue del 29,1% en la muestra total. El 22,5% mostró una desviación en varo, mientras que

el 6,5% presentaba un valgo patológico. Se mostraron peor alineadas las rodillas en el grupo de adolescentes (Tabla 13). Hubo diferencias significativas entre ambos grupos de edad, con mayor prevalencia de *genu* varo en el grupo de 15 años ($p<0,001$), mientras que el *genu* valgo fue más frecuente en el grupo de 9 años. Se observaron diferencias por sexo sólo en el grupo de 9 años, con predominio el *genu* valgo en las mujeres, mientras que los niños mostraron un mayor porcentaje de *genu* varo (Tabla 13).

TABLA 13. ALINEACIÓN DE LAS RODILLAS, PLANO FRONTAL Y SAGITAL, POR EDAD Y SEXO

	9 AÑOS (n=259)	15 AÑOS (n=157)	9 AÑOS		15 AÑOS	
			MUJER	VARÓN	MUJER	VARÓN
N. FRONTAL	207(79,9%)	88(56,1%)	96(78,0%)	111(81,6%)	42(58,3%)	46(54,1%)
G. VALGO	23(8,9%)	4(2,5%)	16(13,1%)	7(5,1%)	1(1,4%)	3(3,5%)
G. VARO	29(11,2%)	65(41,4%)	11(8,9%)	18(13,3%)	29(40,3%)	36(42,4%)
P	<0,001		0,03		NS	
N. SAGITAL	221(85,3%)	129(82,2%)	105(85,4%)	116(85,2%)	58(80,6%)	71(83,9%)
G. RECURV	21(8,1%)	14(8,9%)	13(10,6%)	8(5,9%)	7(9,7%)	7(8,0%)
G. FLEXO	17(6,6%)	14(8,9%)	5(4,1%)	12(8,9%)	7(9,7%)	7(8,0%)
P	NS		NS		NS	

NS: no significativo. N: normal. G: genu.

La presencia de *genu* valgo o varo se asoció con la presencia de disimetrías y hombros desalineados ($p=0,02$), malposiciones de la pelvis ($p=0,03$), *genus* sagital ($p<0,001$), posición del retropié ($p<0,001$), alteraciones en la altura del arco del pie ($p=0,004$) y retracción del músculo cuádriceps ($p<0,001$).

La prevalencia de desalineaciones de las rodillas en el plano sagital fue del 15,8% de la muestra total. El *genu recurvatum* se evidenció en el 8,4% de los escolares y el *genu* flexo en el 7,4%. No se han observado diferencias entre los dos grupos de edad, ni entre sexos (Tabla 13).

La presencia de *genus* sagitales se asoció significativamente con alteraciones posturales en el plano sagital: alteración de la cabeza ($p<0,001$), hombros desalineados ($p<0,001$), alteración de la alineación sagital de la pelvis ($p=0,002$), del retropié ($p<0,001$), del arco del pie ($p=0,01$), con limitaciones de la movilidad articular del *hallux* ($p=0,001$) y con los acortamientos del TS ($p=0,001$).

Genus varo/valgo en el 29,1%. *Genu Recurvatum/flexo* en el 15,8%.
Hubo diferencias significativas de edad en los *genus* frontales ($P<0,001$).
Predominio *genu* valgo patológico en niños y *genu* varo en adolescentes, sobre todo varones.
Se observaron diferencias significativas de sexo en el grupo de 9 años en los *genus* frontales ($P=0,03$).
No diferencias de edad ni sexo, en los *genus* sagitales.

5.6.3. Posición de las rótulas

La prevalencia de las desviaciones de las rótulas fue del 36,8% en la muestra total. El desplazamiento hacia medial fue del 24,5% y hacia lateral del 12,3% (Tabla 14). Se observaron diferencias significativas por edad, predominando las rótulas lateralizadas en el grupo de 15 años ($p<0,001$).

También se observaron diferencias significativas en función del sexo, en ambos grupos de edad, siendo mayor los desplazamientos mediales en mujeres y los laterales en varones ($p<0,001$). El incremento de las rótulas mediales en las mujeres fue mucho mayor en las mujeres de 15 años que en las niñas de 9 años ($p<0,01$). El mismo comportamiento se observó en los varones, con un incremento muy importante de las desviaciones laterales en los adolescentes frente a los varones de 9 años ($p<0,001$, Tabla 14).

TABLA 14. POSICIÓN DE LAS RÓTULAS, POR EDAD Y SEXO

	9 AÑOS (n=259)	15 AÑOS (n=157)	9 AÑOS		15 AÑOS	
			MUJER	VARÓN	MUJER	VARÓN
NORMAL	181(70,2%)	81(51,6%)	83(68,0%)	98(72,1%)	33(45,8%)	48(56,5%)
MEDIALIZADA	58(22,5%)	43(27,4%)	37(30,3%)	21(15,4%)	37(51,4%)	6(7,1%)
LATERALIZADA	19(7,4%)	33(21%)	2(1,6%)	17(12,5%)	2(2,8%)	31(36,5%)
P	<0,001		<0,001		<0,001	

Los desplazamientos de las rótulas se relacionaron significativamente con la movilidad de las rotaciones de cadera ($p<0,001$), desalineaciones de la pelvis ($p<0,001$), cambios en el ángulo de la marcha ($p<0,001$), posición del talón ($p<0,001$), arco del pie ($p<0,001$), retracción de los isquiopoplíteos ($p<0,001$), cuádriceps ($p<0,001$) y TS ($p<0,001$). Las asociaciones globales se muestran en las Tablas 25-28.

5.6.4. Posición del eje del talón del pie —PRCC—

La prevalencia global de las malas posiciones del talón o retropié en los escolares estudiados fue del 39,9% (Tabla 15), predominando el talón en valgo (30,3%) sobre el varo (9,6%).

Los niños de 9 años mostraron significativamente una mayor prevalencia de valgo de talón que los adolescentes ($p<0,001$). No se observaron diferencias significativas en función del sexo en cada grupo de edad.

Sin embargo, en el grupo de 9 años predominó el valgo de talón en ambos sexos, mientras que en los varones de 15 años predominó el varo de retropié, y en las mujeres el valgo (Tabla 15). Las desalineaciones del talón se asociaron de forma significativa a alteraciones rotacionales de las EEII ($p=0,001$), desalineaciones de la CV y pelvis ($p=0,001$), *genus* sagitales ($p<0,001$), arco del pie ($p<0,001$), retracción de los isquiopoplíteos ($p=0,01$), del cuádriceps ($p<0,001$), del TS ($p=0,001$) y a alteraciones

en la movilidad del *hallux* ($p=0,001$). Las asociaciones globales se muestran en las Tablas 25-28.

TABLA 15. POSICIÓN DEL TALÓN, ARCO DEL PIE Y ÁNGULO DE LA MARCHA, POR EDAD Y SEXO

		9 AÑOS	15 AÑOS	EDAD 9 AÑOS		EDAD 15 AÑOS	
				MUJER	VARÓN	MUJER	VARÓN
TALÓN (n=366)	NORMAL	136(57,1%)	84(65,6%)	68(61,8%)	68(53,1%)	41(68,3%)	43(63,2%)
	VALGO	90(38,7%)	21(16,4%)	38(34,5%)	52(40,6%)	12(20%)	9(13,2%)
	VARO	12(5%)	23(18%)	4(3,6%)	8(6,3%)	7(11,7%)	16(23,5%)
	P valor	<0,001		NS		NS	
ARCO PIE (n=261)	NORMAL	90(51,1%)	46(54,1%)	42(52,5%)	48(50,0%)	24(64,9%)	22(45,8%)
	BAJO	77(43,8%)	25(29,4%)	36(45,0%)	41(42,7%)	10(27%)	15(31,3%)
	ALTO	9(5,1%)	14(16,5%)	2(2,5%)	7(7,3%)	3(8,1%)	11(22,9%)
	P valor	0,003		NS		NS	
ÁNGULO PIE (n=204)	NORMAL	81(60,9%)	47(68,1%)	36(62,1%)	45(58,4%)	19(63,3%)	28(71,8%)
	CERRADO	44(32,6%)	13(18,8%)	22(37,9%)	22(28,6%)	9(30%)	4(10,3%)
	ABIERTO	10(7,4%)	9(13,0%)	0	10(13%)	2(6,7%)	7(17,9%)
	P valor	NS		0,01		NS	

NS: No significativo.

Las desalineaciones del talón se asociaron de forma significativa a alteraciones rotacionales de las EEII ($p=0,001$), desalineaciones de la CV y pelvis ($p=0,001$), *genus* sagitales ($p<0,001$), arco del pie ($p<0,001$), retracción de los isquiopoplíteos ($p=0,01$), del cuádriceps ($p<0,001$), del TS ($p=0,001$) y a alteraciones en la movilidad del *hallux* ($p=0,001$). Las asociaciones globales se muestran en las Tablas 25-28.

5.6.5. Altura del ALI del pie

La prevalencia de pies planos (ALI bajos) fue mayor que de pies cavos (39,2% frente a 8,8%). Se observaron diferencias significativas entre los dos grupos de edad (Tabla 15), con una mayor prevalencia de los pies planos en el grupo de 9 años ($p=0,003$). No hubo diferencias significativas en función del sexo, aunque el ALI alto destacó en los varones adolescentes (22,9% frente a 8,1% de sus homólogas femeninas y del 7,3% de los varones de 9 años).

La morfología del arco del pie se relacionó significativamente con desalineaciones de la cabeza ($p=0,01$), de la CV ($p<0,05$), pelvis ($p=0,002$), alteraciones rotaciones de las EEII ($p=0,001$), *genus* sagital ($p<0,001$), posición de las rótulas ($p<0,001$), ángulo de la marcha ($p<0,001$), retracción de los isquiopoplíteos ($p=0,01$), cuádriceps ($p<0,001$), TS ($p=0,004$) y movilidad del *hallux* ($p<0,001$). Las asociaciones globales se muestran en las Tablas 25-28.

5.6.6. Ángulo del pie o ángulo de progresión de la marcha

La prevalencia de alteraciones en el ángulo de progresión de la marcha en bipedestación estática fue del 37,3%. No se evidenciaron diferencias significativas por edad, aunque se observó un mayor porcentaje de marcha cerrada en el grupo de 9 años (Tabla 15). Hubo diferencias significativas por sexo en la muestra total, de modo que las mujeres mostraron un ángulo más cerrado (35,2% mujeres frente al 22,4% varones), mientras que la marcha abierta predominó en los varones ($p=0,004$). Esta diferencia se mantuvo significativa dentro del grupo de 9 años ($p=0,01$), pero no en los adolescentes (Tabla 15).

Las alteraciones en el ángulo de progresión de la marcha sólo se relacionaron significativamente con los desplazamientos de la rótula ($p=0,01$). Las asociaciones globales se muestran en las Tablas 25-28.

9 años	15 años
Prevalencia de las desviaciones de las rótulas 29,7%	Prevalencia de las desviaciones de las rótulas 48,4%.
Prevalencia de los genus frontales 20,1%.	Prevalencia de los genus frontales 43,9%.
Prevalencia de los genus sagitales 14,7%.	Prevalencia de los genus sagitales 17,8%.
Prevalencia de las desviaciones del talón 42,9%.	Prevalencia de las desviaciones del talón 34,4%.
Prevalencia de las alteraciones del ALI 49,1%.	Prevalencia de las alteraciones del ALI 45,9%.
Prevalencia de las alteraciones del ángulo del pie 40%.	Prevalencia de las alteraciones del ángulo del pie 31,9%.
Prevalencia de los HAVJ 1,6%.	Prevalencia de los HAVJ 3,8%.
Prevalencia de los HIF 12%.	Prevalencia de los HIF 8,2%.

5.6.7. Deformidades digitales del pie

Ningún escolar presentó deformidades en garra de los dedos del pie. Sí se observaron desviaciones del primer dedo, *hallux abductus valgus* juvenil (HAVJ) y *hallux* interfalángico (HIF), con una prevalencia del 2,4% y del 10,6%, respectivamente. No hubo diferencias significativas por edad ni sexo (Tabla 16), en relación con estas deformidades.

TABLA 16. DEFORMIDADES DIGITALES, POR EDAD Y POR SEXO

	9 AÑOS (n=188)	15 AÑOS (n=88)	9 AÑOS		15 AÑOS	
			MUJER	VARÓN	MUJER	VARÓN
NORMAL	153(81,4%)	69(78,4%)	66(75%)	87(87%)	31(81,6%)	38(76%)
HAVJ	4(2,1%)	6(6,8%)	3(3,4%)	1(1%)	3(7,9%)	3(6%)
HIF	31(16,5%)	13(14,8%)	19(21,6%)	12(12%)	4(10,5%)	9(18%)
P	NS		NS		NS	

HAVJ: Hallux Abductus Valgus Juvenil. HIF: Hallux Interfalángico. NS: No significativo.

En todos los escolares predominó el HIF, con una mayor prevalencia en niños de 9 años. Analizando las diferencias por sexo se observó un porcentaje ligeramente mayor, tanto del HAVJ como del HIF, en las mujeres.

El HIF disminuyó con la edad, aunque no de forma significativa (Tabla 16). Estas deformidades digitales se asociaron en el grupo de 9 años con los pies planos ($p=0,02$)

y con una mayor flexibilidad de la CV ($p=0,004$), sobre todo con el HAVJ.

6. MOVILIDAD ARTICULAR DE LA EXTREMIDAD INFERIOR

6.1. Movilidad articular de la cadera

No se observaron alteraciones en el movimiento de flexión, abducción y aducción de la cadera, en ningún escolar. El RDM de las rotaciones de la cadera, ROTE y ROTI se cuantificaron goniométricamente.

Los valores medios y desviaciones estándar de la amplitud de los movimientos de rotación de la cadera analizados por edad y sexo, se muestran en la Figura 38.

En el grupo de 9 años, la relación mujer/varón para la amplitud de la ROTE fue de $50\pm 9,7^\circ$ frente a $53,2\pm 8,3^\circ$ y para la ROTI de $46,2\pm 7,7^\circ$ frente a $42,6\pm 7,9^\circ$. En los adolescentes, la relación mujer/varón para la ROTE fue de $47,5\pm 10,6^\circ$ frente a $53,2\pm 7,7^\circ$ y para la ROTI de $47\pm 8,7^\circ$ frente a $38,9\pm 5,8^\circ$. Las mujeres mostraron de forma significativa mayores valores de ROTI en ambos grupos de edad, mientras que los varones mostraron valores de ROTE superiores. En la mujeres disminuyó el valor medio del RDM de la ROTE en 3° con la edad y se incrementó el valor medio del RDM de las ROTI en 1° , mientras que entre los varones, tanto de 9 como de 15 años, disminuyó la media de la amplitud del movimiento de las ROTI en 3° , manteniéndose la media en las ROTE.

Analizando el predominio de la ROTE o ROTI, observamos que el 37,3% de la muestra total mostró valores mayores de la ROTI, mientras que sólo el 5% mostró mayores valores de la ROTE. No hubo diferencias por edad, pero sí se observaron diferencias significativas en función del sexo, con mayor amplitud de las ROTI en mujeres que en varones ($p<0,001$). Estas diferencias por sexo se mantuvieron dentro de cada grupo de edad.

Las alteraciones en el RDM de las rotaciones de cadera se relacionaron significativamente con la alineación de la cabeza ($p<0,001$), hombros ($p=0,02$), CV ($p=0,02$), pelvis ($p<0,001$), posición de la rótula ($p<0,001$), posición del talón ($p=0,02$), ángulo del pie ($p=0,01$) y altura del arco del pie ($p=0,001$). Las asociaciones globales de la movilidad de la cadera se muestran en las Tablas 25-28.

*Valores medios ROTE mujeres 49°
Valores medios ROTE varones $53,2^\circ$
Valores medios ROTI mujeres $46,5^\circ$
Valores medios ROTI varones $41,1^\circ$
No hubo diferencias significativas por grupo de edad, pero sí de sexo.
Predominio de las ROTI en mujeres y ROTE en varones ($P<0,001$).*

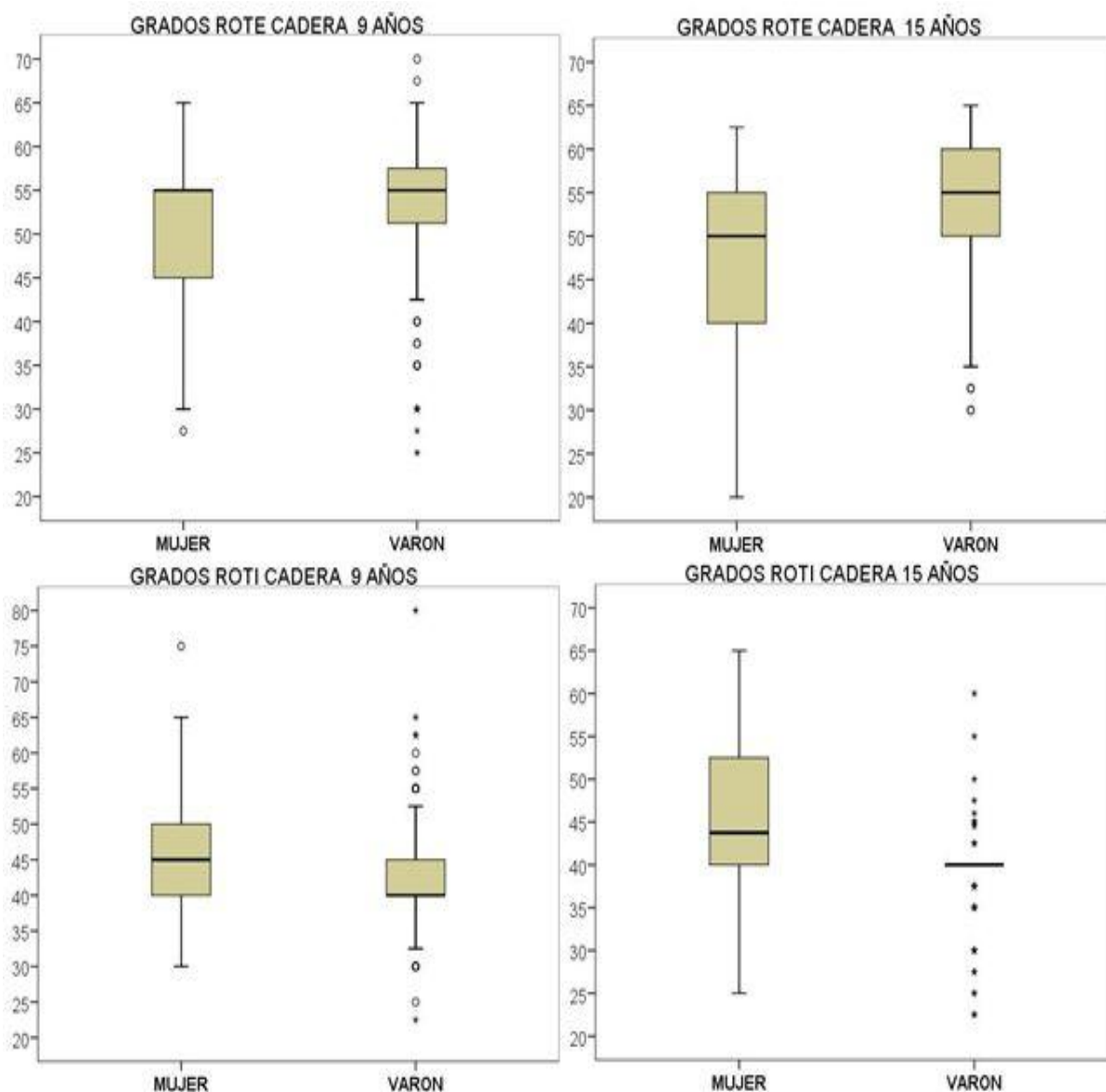


Figura 38. Valores de la amplitud del movimiento de ROTE (arriba) y ROTI (abajo) de la articulación de la cadera, según la edad y el sexo.

6.2. Movilidad articular del tobillo

Los rangos de amplitud del movimiento de FD del tobillo con la rodilla extendida se muestran en la Figura 39. Los valores medios de la FD de tobillo en los niños de 9 años fueron de $13,5 \pm 3,5^\circ$ (mín= 4° , máx= 24°), mientras que los valores obtenidos en los adolescentes fueron de $10,6 \pm 3,4^\circ$ (mín= 3° , máx= 20°). Se observa que con la edad disminuyó el valor medio del RDM de la FD de tobillo en casi 3° .

La cuantificación de la FD del tobillo se ha tomado como medida indirecta para analizar el la elasticidad del músculo TS, tomando como valores de normalidad 10° de FD del tobillo con la rodilla extendida^{130,211}. Valores inferiores a 10° se han tomado como indicativo de acortamiento de este músculo.

La prevalencia de acortamientos del TS fue del 25,3% en la muestra total. Se han visto diferencias significativas en función de la edad aumentando los acortamientos con la edad, con una prevalencia en los adolescentes del 43,3% frente al 18% en niños de 9 años (Tabla 17). No hubo diferencias por sexo en el grupo de niños pero sí en los adolescentes.

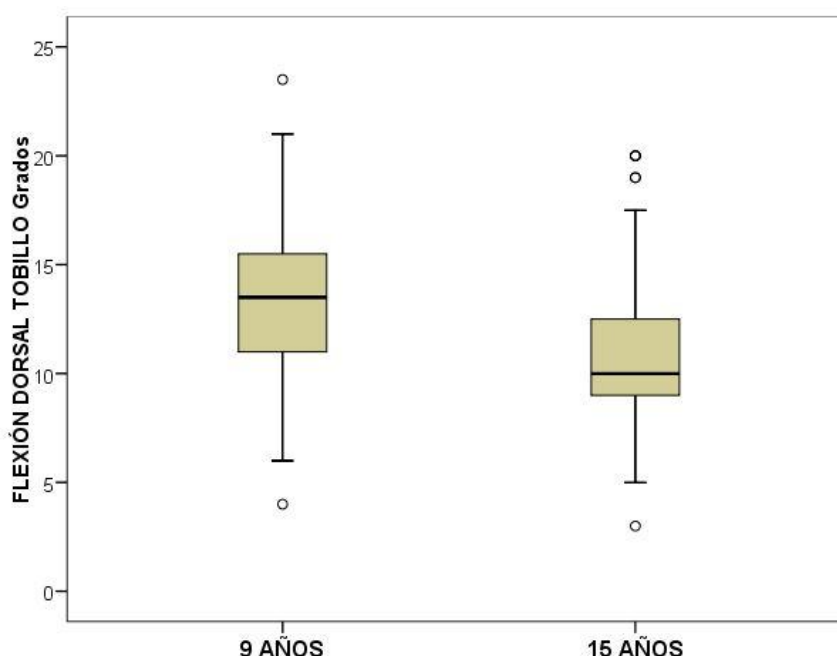


Figura 39. Valores de la FD de la articulación del tobillo, por edad.

En el grupo de 9 años prácticamente no se observaron limitaciones intensas, las cuales si se evidenciaron en el 16,9% de los escolares de 15 años, sobre todo varones (14,1%). Por sexo se observaron diferencias en el grupo de de adolescentes, pero no en el grupo de 9 años, con predominio masculino (Tabla 17), donde, además se han visto las mayores retracciones.

TABLA 17. GRADO DE LIMITACIÓN DE LA MOVILIDAD EN FD DEL TOBILLO, POR EDAD Y SEXO.

	9 AÑOS (n=258)	15 AÑOS (n=157)	9 AÑOS		15 AÑOS	
			MUJER	VARÓN	MUJER	VARÓN
NORMAL	221(85,7%)	89(56,7%)	109(89,3%)	112(82,4%)	49(68,1%)	40(47,1%)
R. LEVE	36 (14%)	54(34,4%)	13(10,7%)	23(16,9%)	21(29,2%)	33(38,8%)
R. MOD	1(0,4%)	14(8,9%)	0	1(0,7%)	2(2,8%)	12(14,1%)
p	<0,001		NS		0,008	

NS: No significativo. R: retracción. MOD: moderada.

El acortamiento del TS se relacionó significativamente con desalineaciones de la cabeza y hombros ($p < 0,001$), pelvis sagital ($p = 0,007$), *genus* sagital ($p = 0,001$), rótulas ($p < 0,01$), talón ($p < 0,05$) y altura del arco del pie ($p < 0,01$). El acortamiento de este músculo se relacionó con el acortamiento del psoas ($p = 0,006$), de los isquiopoplíteos ($p < 0,001$), del cuádriceps ($p < 0,001$) y también con la limitación de la movilidad de la 1AMTF ($p < 0,001$). También se asoció con el dolor de espalda ($p = 0,002$), pero no con el

dolor de piernas.

6.3. Movilidad de la 1AMTF del pie

Los valores del RDM de la FD de la 1AMTF, se muestran en la Figura 40. La media del RDM de la FD de la 1AMTF en el grupo de 9 años fue de $84,4 \pm 9^\circ$. En el grupo de adolescentes los valores medios fueron de $74,2 \pm 15,3^\circ$. Se observa que con la edad disminuyó la amplitud del movimiento de esta articulación una media de 10° .

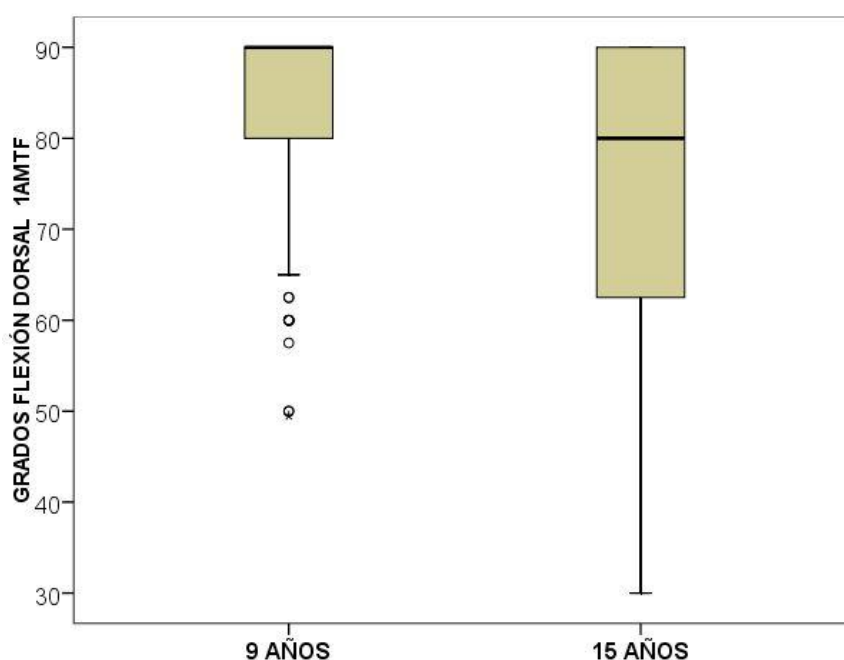


Figura 40. Valores del movimiento de FD de la 1AMTF del pie, según la edad.

La prevalencia de limitaciones en la movilidad de la 1AMTF en la muestra total fue del 16,1%. El bloqueo articular se incrementó de forma significativa con la edad ($p < 0,001$), de forma que solo el 5% de los escolares de 9 años mostraban una movilidad limitada frente al 32,5% de los adolescentes (Tabla 18). Éstos, además mostraron las mayores limitaciones, de forma que el 3,5% de ellos, todos varones, mostraron valores compatibles con un *hallux rígido* ($< 35^\circ$ de FD). No se observaron diferencias por sexo en cada grupo de edad.

TABLA 18. MOVILIDAD DE LA FLEXIÓN DORSAL DE LA 1AMTF, POR EDAD Y SEXO

	9 AÑOS (n=258)	15 AÑOS (n=157)	9 AÑOS		15 AÑOS	
			MUJER	VARÓN	MUJER	VARÓN
NORMAL	245(95%)	103(65,6%)	119(96,7%)	126(93,3%)	50(69,4%)	53(62,4%)
HL	13 (5%)	51(32,5%)	4(3,3%)	9(6,7%)	22(30,6%)	29(34,1%)
HR	0	3(1,9%)	0	0	0	3(3,5%)
P	<0,001		NS		NS	

NS: No significativo.

La limitación en el movimiento de la 1AMTF del pie se asoció significativamente

con el dolor de espalda ($p<0,05$), pero no con el dolor en las EEII. También se asoció a desequilibrios de la pelvis en el plano sagital ($p<0,05$), alteraciones de la rodilla en el plano sagital ($p=0,001$), posición del talón ($p=0,01$), altura del arco del pie ($p<0,001$) y con acortamientos del psoas ($p<0,000$) y del TS ($p<0,001$). No se ha relacionado con deformidades del *hallux* ni con la práctica deportiva.

Valores medios FD hallux 9 años 84,4°. Valores mínimos 50°.
Valores medios FD hallux 15 años 74,2°. Valores mínimos 30°.
Hubo diferencias significativas por grupo de edad ($P<0,001$), pero no de sexo.
Predominio del hallux limitus en los adolescentes.
Presencia de hallux rigidus en los adolescentes varones

7. ANÁLISIS DE LA FLEXIBILIDAD DE LA COLUMNA VERTEBRAL Y LAS EEII

7.1. Flexibilidad de la columna vertebral

La prevalencia de una mala flexibilidad del tronco (test distancia dedos-suelo, DDS, positivo) fue del 73,4% de toda la muestra. Por grupo de edad, los escolares de 15 años mostraron significativamente mejor flexibilidad que los de 9 años (Tabla 19). El sexo femenino mostró mejor flexibilidad que el masculino (38,5% frente al 16,8% varones, $p<0,001$), diferencias por sexo que se mantuvieron en ambos grupos de edad (Tabla 19). Las mujeres de 15 años fueron las que mostraron mejor flexibilidad (45,7% toca suelo), y la peor flexibilidad los varones de 9 años (86,5% no toca suelo).

TABLA 19. FLEXIBILIDAD DE LA COLUMNA VERTEBRAL POR EDAD Y SEXO

	9 AÑOS (n=180)	15 AÑOS (n=91)	9 AÑOS		15 AÑOS	
			MUJER	VARÓN	MUJER	VARÓN
TOCA SUELO	40(22,2%)	32(35,2%)	26(34,2%)	14(13,5%)	21(45,7%)	11(24,4%)
NO TOCA SUELO	140(77,8%)	59(64,8%)	50(65,8%)	90(86,5%)	25(54,3%)	34(75,6%)
P	0,02		0,001		0,03	

La disminución de la flexibilidad del tronco se relacionó significativamente con el acortamiento de los músculos isquiopoplíteos ($p<0,001$) en ambos grupos de edad y con el dolor las piernas ($p<0,05$), en niños.

7.2. Elasticidad de los músculos de la extremidad inferior

7.2.1. Elasticidad del músculo psoasílico

La prevalencia de acortamientos del músculos psoasílico, valorado mediante el Test de Thomas, fue del 3,4% ($n=14$), en la muestra total. Su acortamiento fue significativamente mayor en el grupo de adolescentes ($p=0,001$). No hubo diferencias por sexo (Tabla 20), aunque su acortamiento fue ligeramente mayor en varones que en

mujeres en el grupo de adolescentes, mostrando el porcentaje más alto de acortamientos de este músculo (10,6%).

TABLA 20. LONGITUD DE LOS DISTINTOS MÚSCULOS DE LA EEII, POR EDAD Y SEXO

		9 AÑOS (n=259)	15 AÑOS (n=157)	9 AÑOS		15 AÑOS	
				MUJER	VARÓN	MUJER	VARÓN
PSOAS- ILÍACO	NORMAL	256(98,8%)	145(92,4%)	121(98,4%)	135(99,3%)	69(95,8%)	76(89,4%)
	ACORTADO	3(1,2%)	12(7,6%)	2(1,6%)	1(0,7%)	3(4,2%)	9(10,6%)
	P	0,001		NS		NS	
CUÁDRI- CEPS	NORMAL	243(93,8%)	68(43,3%)	118(95,9%)	125(91,9%)	50(69,4%)	18(21,2%)
	ACORTADO	16(6,2%)	89(56,7%)	45(4,1%)	11(8,1%)	22(30,6%)	67(78,8%)
	P	<0,001		NS		<0,001	
ISQUIO- SURALES	NORMAL	75(29%)	32(20,4%)	50(40,7%)	25(18,4%)	21(29,2%)	11(12,9%)
	ACORTADO	184(71%)	125(79,6%)*	73(59,3%)	111(81,6%)	51(70,8%)	74(87,1%)
	P	NS		<0,001		0,01	

NS: No significativo. *p=0,052.

El acortamiento del músculo psoasilíaco se relacionó significativamente con el dolor de espalda ($p<0,05$). También se asoció a desalineaciones de la pelvis ($p=0,03$), acortamientos de los músculos isquiopoplíteos ($p<0,001$), cuádriceps ($p=0,001$), gemelos ($p<0,05$) y limitaciones de la movilidad de la 1AMTF ($p<0,05$).

7.2.2. Elasticidad del músculo cuádriceps

La prevalencia de acortamientos de este grupo muscular fue del 25,2% de la muestra total. Hubo diferencias significativas entre los dos grupos de edad, con mayor porcentaje de acortamientos en los escolares de 15 años (Tabla 20). Igualmente se observó un comportamiento diferente entre varones y mujeres, con una mayor prevalencia de retracciones en los varones, diferencia que fue significativa sólo en el grupo de adolescentes (Tabla20).

Analizando el acortamiento de este músculo según su intensidad, se observó que en las mujeres, tanto de 9 años como de 15 años, predominaron las retracciones leves, mientras que en los varones predominaron las retracciones mayores (Fig. 41).

El acortamiento del cuádriceps se relacionó con desalineaciones de la columna ($p=0,003$), pelvis ($p=0,001$), rótulas ($p<0,001$), talones ($p<0,001$), arco del pie ($p=0,001$), acortamientos del psoas ($p=0,001$), de los músculos isquiopoplíteos ($p=0,01$), de los gemelos ($p<0,001$) y con la limitación de la movilidad de la AMTF del *hallux* ($p<0,001$). También se asoció significativamente con el dolor de espalda ($p<0,001$) y la intensidad de la práctica deportiva de los escolares ($p=0,001$).

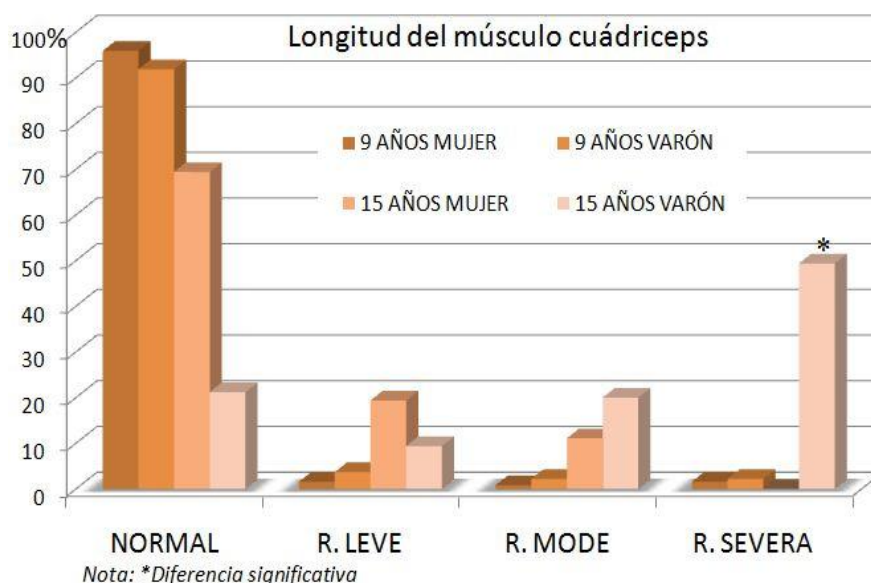


Figura 41. Grados de acortamiento del cuádriceps, leve, moderado y grave, por edad y sexo. Hay que destacar la elevada prevalencia de retracciones graves de este grupo muscular en los varones adolescentes.

Acortamientos del cuádriceps en 9 años 6,2%
 Acortamientos del cuádriceps en 15 años 56,7%
 Hubo diferencias significativas por grupo de edad ($P < 0,001$).
 Hubo diferencias significativas por sexo ($P < 0,001$).
 Los varones de 15 años mostraron mayor prevalencia de acortamientos, y mayor severidad.

7.2.3. Elasticidad de los músculos isquiopoplíteos

El acortamiento de los músculos isquiosurales se valoró mediante el Test 90:90. Los resultados del Test 90:90 por grupo de edad y sexo, se muestran en la Figura 42. Los valores medios obtenidos en el grupo de 9 años fueron de $68,3 \pm 14,9^\circ$ (valor mínimo 35°). En el grupo de adolescentes los valores medios fueron de $64,6 \pm 16^\circ$ (valor mínimo 24° , observado en los varones). Estos resultados indican que con la edad disminuyó la capacidad de extender de rodilla una media de aproximadamente 4° .

La prevalencia de acortamiento de estos músculos fue muy alta (74,3% de la muestra total). Su distribución por edades y sexo se refleja en la Tabla 20. Aunque se observa un mayor porcentaje de acortamientos de estos músculos en el grupo de adolescentes, esta diferencia no fue significativa ($p = 0,052$). Sí se han observado diferencias significativas por sexo, de forma que el acortamiento predominó en el sexo masculino (83,3% frente a 65,1%; $p < 0,001$), manteniéndose significativo dentro de cada grupo de edad (Tabla 20).

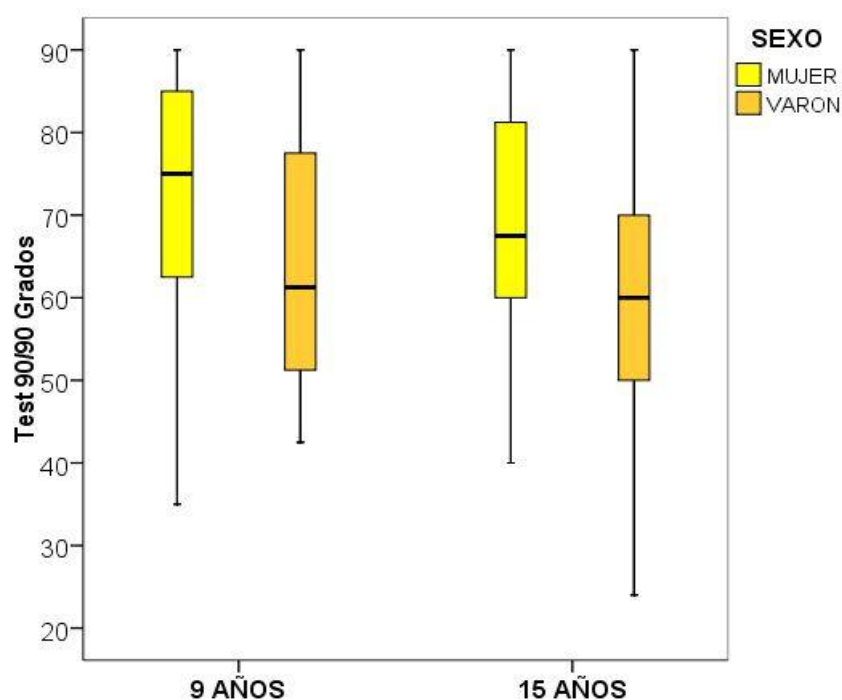


Figura 42. Valores medios del Test 90/90 que valora la longitud de los músculos isquiopoplíteos, por grupo de edad y sexo.

Al establecer grados de retracción de éstos músculos según la intensidad del acortamiento (Fig. 43), se observó que las mujeres no presentaban retracciones graves, mientras que los varones mostraron porcentajes similares de retracciones moderadas y graves.

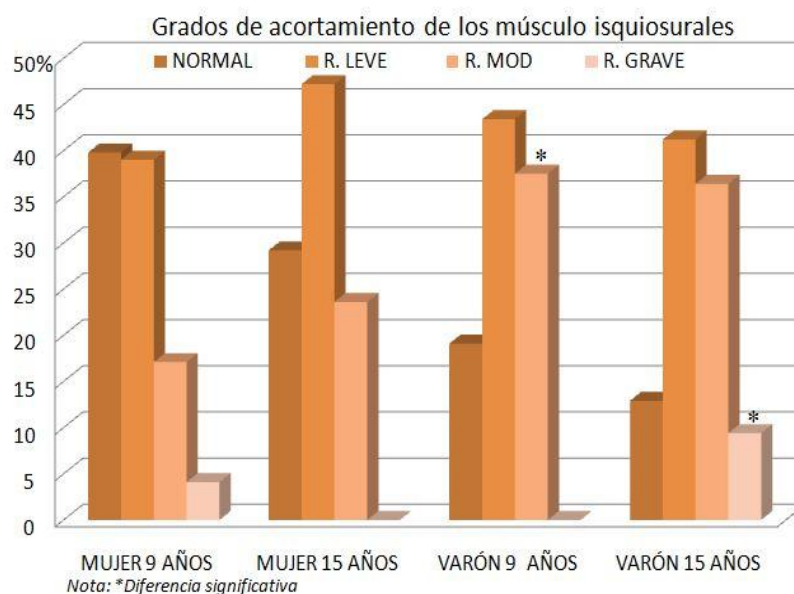


Figura 43. Grado de acortamiento de los músculos isquiosurales, por edad y sexo.

La retracción de los músculos isquiopoplíteos se relacionó significativamente con las desalineaciones de la cabeza, hombros, columna, pelvis, rótulas y *genus* sagital ($p < 0,001$), talones ($p < 0,05$), retracciones del cuádriceps ($p < 0,01$) y una menor flexibilidad de la CV ($p < 0,001$).

*Acortamientos de los isquiosurales en 9 años 71%,
Acortamientos de los isquiosurales en escolares de 15 años 79,6%
No hubo diferencias significativas por grupo de edad.
Si hubo diferencias significativas por sexo ($P<0,001$).
Los varones de 9 años mostraron mayor porcentaje de acortamientos moderados.
Los adolescentes varones mostraron los acortamientos de este músculo más severos.*

8. ANÁLISIS DE LAS DESVIACIONES POSTURALES POR PLANOS

Con la finalidad de facilitar el análisis de las desviaciones de los distintos segmentos corporales en los dos planos, frontal y sagital, todas las variables se transformaron en dicotómicas, normales y patológicas. En la Tabla 25 se muestran los resultados contrastados por edad y sexo.

8.1. Desviaciones posturales en el plano frontal

Se analizó en conjunto el desequilibrio de todos los segmentos corporales implicados en la postura en el plano frontal: cabeza, hombros, escápulas, CV frontal, pelvis frontal, disimetría, *genus* frontal, posición de las rótulas, posición del talón y ángulo de progresión del pie, para analizar la desalineación global por planos y determinar si las alteraciones predominaban en algún de ellos (Fig. 44).

De estos 10 segmentos analizados, el grupo de 9 años mostró una media de desviaciones de $3,9 \pm 2,6$ (min=0, máx=9), mientras que en el grupo de 15 años la media fue de $5 \pm 2,8$ (min=0, máx=10). La postura “mala” (desalineación 10) se observó en el 1,2% de la muestra total (n=5). Sólo el 6,3% de los escolares de la muestra total mostraron una desalineación 0, es decir una alineación correcta en todos estos segmentos analizados.

El 29,7% de los escolares de 9 años mostraron la mitad de los segmentos desalineados, frente al 47,1% de los adolescentes.

Las desalineaciones en este plano se incrementaron significativamente con la edad ($p=0,003$). Cabe destacar que ningún escolar de 9 años mostró desalineados todos los segmentos de este plano, mientras que el 6,6% se mostraron perfectamente alineados en este plano (8,9% de las niñas y el 4,4% de los niños). En los adolescentes la desalineación de todos los segmentos en este plano (puntuación 10) se observó en el 3,2% (4,2% de las mujeres y en el 2,4% de los varones), mientras que el 5,7% de ellos se mostraron perfectamente alineados en este plano (6,9% de las mujeres y el 4,7% de los varones). No se observaron diferencias por sexo en ningún grupo de edad.

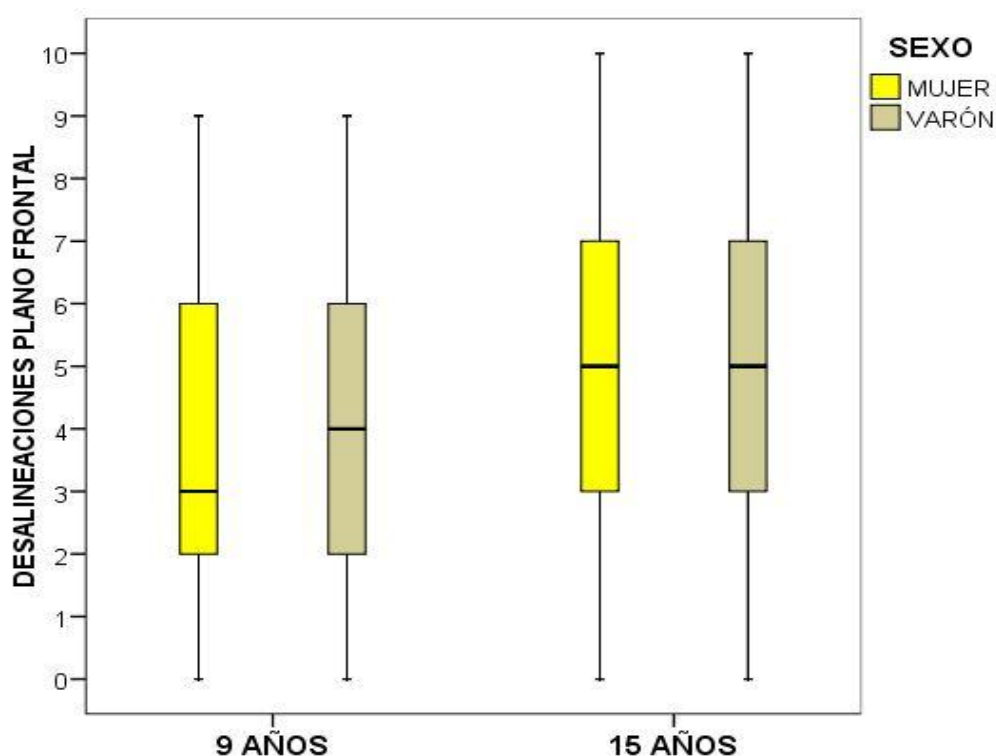


Figura 44. Representación del número de segmentos desalineados analizados en el plano frontal, por edad y sexo. Puntuación 0 "postura ideal", puntuación 10 "postura muy mala".

8.2. Desviaciones posturales en el plano sagital

Se realizó el mismo análisis para las variables estudiadas en el plano sagital (Fig. 45): cabeza, hombros, CV sagital, pelvis sagital, *genus* sagital y arco del pie. De los 6 segmentos corporales analizados, en el grupo de 9 años se observó una media en el número de de segmentos desviados de $2,3 \pm 1,6$ (min=0, máx=6), mientras que el grupo de 15 años la media de segmentos desalineados fue menor de $1,8 \pm 1,5$ (min=0, máx=5). Se observó una "postura mala" (desalineación 6) en el 2,2% de la muestra total, mientras el 17,5% de los escolares mostraron una "postura ideal" en el plano sagital (desalineación 0). El 25,9% de los escolares de 9 años mostró prácticamente la mitad de los segmentos desalineados, frente al 15,9% de los adolescentes.

En este plano también se observaron diferencias significativas por edad, pero en sentido inverso, de forma que el número de segmentos desalineados disminuyó con la edad ($p < 0,001$). Así, el 19,7% de los adolescentes mostraron correctamente alineados todos los segmentos de este plano, frente al 16,2% de los niños de 9 años. El 3,5% de los escolares de 9 años mostró desalineación de todos los segmentos de este plano, (desalineación 6), mientras que en el grupo de adolescentes ninguno mostró desalineados de todos los segmentos analizados. No hubo diferencias significativas por sexo dentro de cada grupo de edad, aunque en ambos grupos los varones mostraron peor postura sagital (Fig. 45).

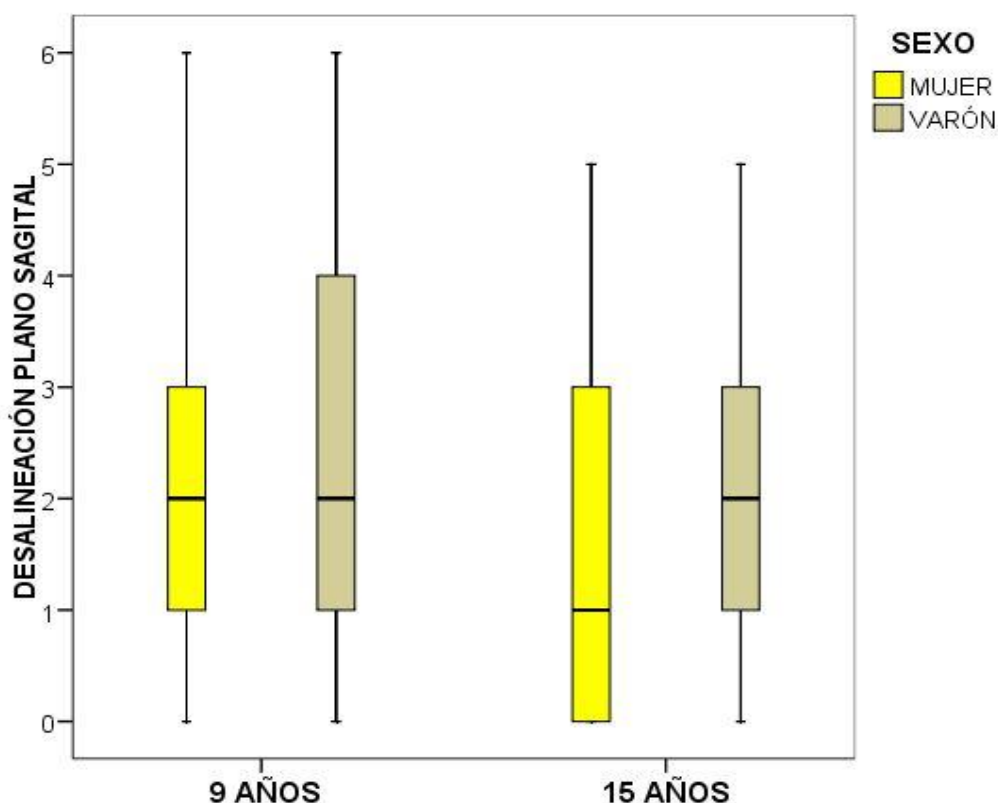


Figura 45. Representación del número de segmentos desalineados de analizados en el plano sagital, por edad y sexo. Puntuación 0 "postura sagital ideal", puntuación 7 "postura muy mala".

8.3. Parámetros de elasticidad global

Por último, se ha realizado un análisis de la elasticidad de todos los músculos (Fig. 46) explorados mediante los distintos test clínicos: psoas, cuádriceps, isquiopoplíteos y TS , junto a la movilidad del *hallux* y la flexibilidad de la CV.

En el grupo de 9 años se obtuvieron unos valores medios de elasticidad/flexibilidad alterados de $1,5 \pm 1$ (min=0, máx=5), mientras que el grupo de 15 años la media fue de $2,6 \pm 1,4$ (min=0, máx=6). Sólo el 3,1% de los escolares de 9 años mostró la mitad de los parámetros alterados, frente al 26,8% de los adolescentes.

Se observó que la elasticidad disminuye con la edad ($p < 0,001$). Así, el 18,9% de los niños de 9 años mostraron elasticidad "ideal" frente al 5,7% de los adolescentes y, además, ningún niño de 9 años mostró alteración de todos los parámetros analizados (puntuación "6"), mientras que el 1,3% de los adolescentes mostraron alterados todos los parámetros de elasticidad analizados.

También se observaron diferencias significativas por sexo para cada grupo de edad, de forma que la elasticidad fue peor en los varones de ambos grupos de edad ($p < 0,001$). Globalmente, la mejor puntuación de la elasticidad se observó en las niñas de 9 años, ya que el 26,8% mostraron todos los parámetros de elasticidad correctos y sólo el 1,6% mostraron la mitad de los parámetros de elasticidad alterados. A continuación se situaron (i) varones de 9 años (11,8% todos los parámetros de

elasticidad correctos y 4,4% la mitad alterados); (ii) mujeres de 15 años (9,7% todos correctos y 13,9% la mitad alterados). De todos ellos, ninguno mostró todos los parámetros de elasticidad alterados, hecho que sí se observó en el 2,4% de los varones de 15 años (puntuación 6) donde, además el 37,6% mostraron la mitad de los parámetros de elasticidad alterados (Fig. 46).

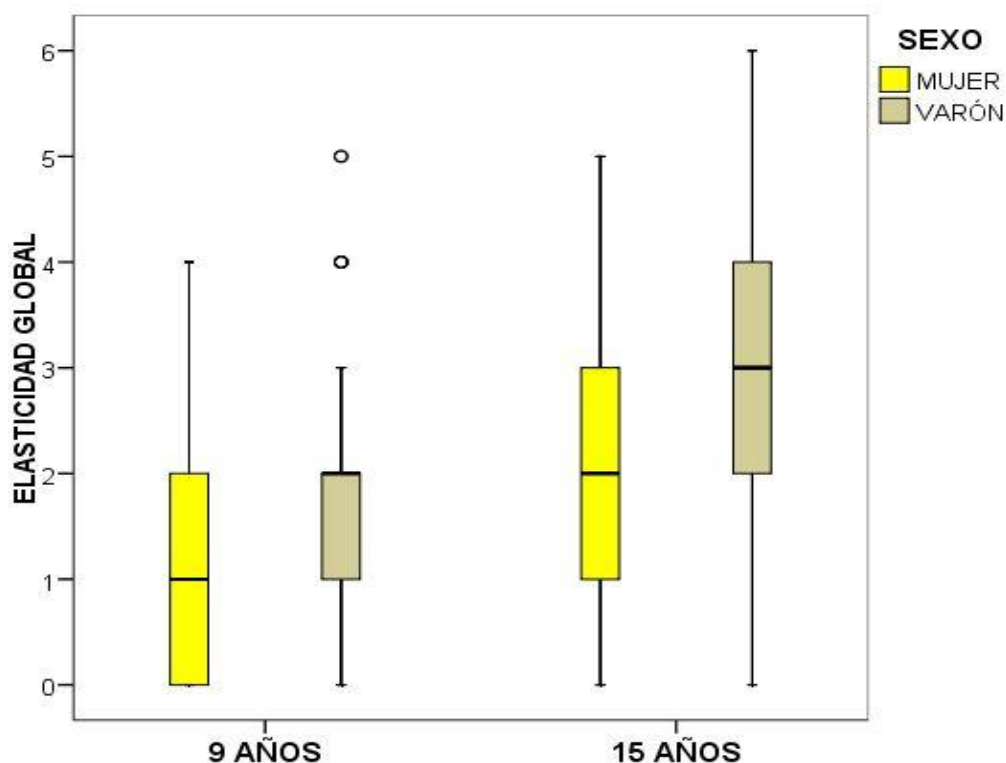


Figura 46. Representación de la elasticidad global, analizada por edad y sexo. Puntuación 0 "elasticidad ideal", puntuación 6 "elasticidad muy mala".

Se analizó la influencia de factores de riesgo como la mochila incorrecta (incluyendo mala colocación, peso excesivo o tiempo transporte prolongado), la práctica de deporte o el sedentarismo, sobre la alineación de los segmentos corporales en ambos planos y sobre la elasticidad global.

Para ello se realizó el análisis de la varianza univariante (ANOVA) con las variables dependientes del plano frontal, sagital y elasticidad global, tomando como factores fijos la edad y el sexo y como factores aleatorios, la mochila inadecuada, la práctica de deporte extraescolar y los hábitos más sedentarios.

TABLA 21. RESULTADOS DE LA ANOVA PARA EL PLANO FRONTAL RESPECTO A LA MOCHILA
Variable dependiente: PLANO FRONTAL

MOCHILA	Media	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
BIEN	4,106	,255	3,604	4,607
MAL	4,879	,241	4,403	5,354

Se observó que la única variable que altera el plano frontal (Tabla 21) es la mochila inadecuada (incluyendo la mala colocación, el peso excesivo y el mayor tiempo de carga); $p=0,049$.

La única variable que se ha visto que influye negativamente sobre la alineación del plano sagital es la práctica de deporte extraescolar ($p=0,048$; Tabla 22).

TABLA 22. RESULTADOS DE LA ANOVA PARA EL PLANO SAGITAL RESPECTO A LA PRÁCTICA DE DEPORTE
Variable dependiente: PLANO SAGITAL

DEPORTE EXTRAESCOLAR	Media	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
SI	2,267	,114	2,042	2,491
NO	2,149	,167	1,821	2,477

Realizando este mismo análisis sobre la elasticidad global se observó que la elasticidad está condicionada por el sexo, siendo peor en los varones y en los más sedentarios dentro del grupo de 9 años ($p<0,001$; Tabla 23-24).

TABLA 23. RESULTADOS DE LA ANOVA PARA LA ELASTICIDAD Y EL SEXO
Variable dependiente: ELASTICIDAD GLOBAL

SEXO	Media	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
MUJER	1,752	,092	1,571	1,934
VARÓN	2,809	,101	2,609	3,008

TABLA 24. RESULTADOS DE LA ANOVA PARA LA ELASTICIDAD Y SEDENTARISMO POR EDAD
Variable dependiente: ELASTICIDAD GLOBAL

SEDENTARISMO	Edad1-2	Media	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
NO	1	1,447	,111	1,229	1,665
	2	2,833	,172	2,495	3,171
SI	1	1,975	,129	1,721	2,229
	2	2,867	,132	2,607	3,127

El dolor no se asoció con una mayor desalineación de los segmentos corporales, en ningún plano, ni con una menor elasticidad global, en ningún grupo de edad.

TABLA 25. DIFERENCIAS POR EDAD Y SEXO DE LAS VARIABLES DEL PLANO FRONTAL Y SAGITAL

	MUJERES			VARONES			EDAD	
	9 AÑOS n=123	15 AÑOS n=72	P valor	9 AÑOS n=136	15 AÑOS n=85	P valor	9 AÑOS	15 AÑOS
CABEZA								
desalineada	35 (28,4%)	29 (40,3%)	NS	44 (32,6%)	41 (47,7%)	P=0,038	NS	NS
HOMBROS								
desalineados	60 (48,8%)	47 (65,3%)	P=0,025	79 (58,1%)	60 (70,6%)	NS	NS	NS
ESCÁPULAS								
desalineadas	71 (58,2%)	44 (61,1%)	NS	108 (80,6%)	61 (71,8%)	NS	P=0,000	NS
COLUMNA FRONTAL								
desalineada	45 (36,6%)	37 (51,4%)	P=0,043	54 (39,7%)	45 (52,9%)	NS	NS	NS
PELVIS FRONTAL								
desalineada	31 (25,2%)	29 (40,8%)	P=0,023	32 (23,9%)	34 (40,0%)	P=0,011	NS	NS
LONGITUD EEL								
diferente	46 (37,3%)	29 (40,2%)	NS	44 (32,9%)	32 (37,6%)	P=0,028	NS	NS
GENUS FRONTAL								
patológico	59 (48%)	44 (61,1%)	NS	65 (47,8%)	49 (57,6%)	NS	NS	NS
TALÓN								
desalineado	42 (34,1%)	19 (26,4%)	NS	60 (44,1%)	25 (29,4%)	P=0,029	NS	NS
CV DORSAL SAG								
desalineada	4 (3,2%)	5 (6,9%)	NS	17 (12,5%)	14 (16,5%)	NS	P=0,006	NS
CV LUMBAR SAG								
desalineada	72 (58,5%)	30 (41,7%)	P=0,023	75 (55,1%)	30 (35,3%)	P=0,004	NS	NS
PELVIS SAGITAL								
desalineada	53 (43,1%)	22 (30,5%)	NS	60 (44,1%)	27 (32,1%)	NS	NS	NS
GENUS SAGITAL								
patológico	18 (14,6%)	14 (19,4%)	NS	20 (14,7%)	14 (16,4%)	NS	NS	NS
ARCO PIE								
patológico	38 (30,9%)	13 (18,05%)	P=0,49	48 (35,3%)	26 (30,6%)	NS	NS	NS
FLEXIBILIDAD CV								
disminuida	50 (65,8%)	25 (54,3%)	NS	90 (86,5%)	34 (75,5%)	NS	P=0,002	P=0,034
PSOAS								
acortado	2 (1,6%)	3 (4,2%)	NS	1 (0,7%)	9 (10,6%)	P=0,001	NS	NS
CUÁDRICEPS								
acortado	5 (4,1%)	22 (30,5%)	P=0,000	11 (8,1%)	67 (78,8%)	P=0,000	NS	P=0,000
ISQUIOPOLITEOS								
acortado	73 (59,3%)	51 (70,8%)	NS	111 (81,6%)	74 (87,05%)	NS	P=0,000	P=0,016
TRÍCEPS SURAL								
acortado	13 (10,6%)	23 (31,9%)	P=0,000	24 (17,6%)	45 (52,9%)	P=0,000	NS	P=0,010
ROTACIONES CADERA								
patológica	50 (40,6%)	32 (44,4%)	NS	35 (25,7%)	15 (17,6%)	NS	P=0,012	P=0,000
FD HALLUX								
limitada	4 (3,2%)	22 (30,5%)	P=0,000	10 (7,3%)	32 (37,6%)	P=0,000	NS	NS
MOCHILA								
descentrada	16 (15,8%)	28 (45,2%)	P=0,000	8 (6,9%)	17 (23,3%)	P=0,002	P=0,05	P=0,010
TIEMPO CARGA MOCHILA								
poco	72 (71,3%)	23 (37%)	P=0,000	87 (75,6%)	35 (47,9%)	P=0,000	NS	NS
moderado	23 (22,8%)	28 (45,2%)		19 (16,5%)	21 (28,8%)			
mucho	6 (5,9%)	11 (17,7%)		9 (7,8%)	17 (23,3%)			
PESO RECOMENDADO 9 años								
excesivo	34 (36,7%)			40 (34,8%)		NS		
PESO RECOMENDADO 15 años								
excesivo		2 (3,2%)			4 (5,5%)	NS		
HORAS TV/DÍA								
muchas	2 (1,8%)	10 (15,2%)	P=0,000	3 (2,7%)	8 (11,3%)	P=0,003	P=0,010	NS
HORAS PC/DÍA								
muchas	0 (0%)	9 (13%)	P=0,000	3 (2,6%)	3 (4,1%)	P=0,005	NS	NS
DEPORTE EXTRAESCOLAR								
	65 (58%)	36 (52,2%)	NS	88 (76,5%)	64 (86,5%)	NS	P=0,004	P=0,000
DOLOR ESPALDA								
	8 (6,5%)	24 (33,3%)	P=0,000	14 (10,3%)	22 (25,9%)	P=0,002	NS	NS
DOLOR PIERNAS								
	8 (6,5%)	11 (15,3%)	P=0,04	10 (7,3%)	7 (8,2%)	NS	NS	NS

NS: No significativo.

TABLA 26. ASOCIACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS VARIABLES DE LA POSTURA, LA ELASTICIDAD Y LOS FACTORES DE RIESGO.

	DOLOR ESPALDA	DOLOR EMB	DOLOR GLOBAL	CABEZA	HOMBROS	ESCAPULAS	CV FRONTAL	CV SAGITAL	PELVIS FRONTAL	PELVIS SAGITAL	MOVILIDAD ROT CADERA	DISMETRIA	GENUS FRONTAL	GENUS SAGITAL	TALON	ARCO PIE	FLEXIBILIDAD CV	PSOAS	ISQUIOTURAL	CUADRICEPS	GEMELOS	MOVILIDAD HALLUX	COLOCACION MOCHILA	PESO MOCHILA	TEMPO MOCHILA	DEPORTE CLUBS	TEMPO TV	TEMPO PC
CABEZA	9 AÑOS	NS	NS	NS	NS	NS	**	**	**	**	**	NS	**	**	**	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS	NS	NS	NS	NS	NS	**	**	**	**	**	*	**	NS	NS	T	NS	NS	*	**	NS	**	NS	*	*	*	NS	NS
HOMBROS	9 AÑOS	NS	NS	NS	**	**	**	**	**	**	*	*	**	*	**	*	NS	NS	NS	**	NS	NS	T	*	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS	NS	NS	NS	**	**	**	*	**	**	T	*	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS
ESCÁPULAS	9 AÑOS	NS	NS	**	**	**	**	**	**	**	T	NS	*	*	**	T	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	T	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS	NS	NS	**	**	**	**	*	**	**	*	*	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
COLUMNA FRONTAL	9 AÑOS	NS	NS	**	**	**	**	**	**	**	**	*	T	**	*	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS	NS	NS	**	**	**	**	**	**	**	**	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
COLUMNA SAGITAL	9 AÑOS	NS	NS	**	**	**	**	**	**	**	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS	NS	NS	**	**	**	**	**	**	**	NS	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
COLUMNA SAGITAL	9 AÑOS	*	NS	*	**	**	**	**	**	**	**	*	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS	NS	NS	NS	*	*	NS	NS	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	T	NS	NS	NS
PELVIS FRONTAL	9 AÑOS	NS	NS	NS	**	**	**	**	**	**	**	**	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS	NS	NS	NS	**	**	**	**	**	**	**	**	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	*	NS	*	T	NS	NS	NS

NS: No Significativo. T: tendencia. *Relación significativa P<0,05. **Relación significativa P<0,001.

TABLA 27. ASOCIACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS VARIABLES DE LA POSTURA, LA ELASTICIDAD Y LOS FACTORES DE RIESGO.

	DOLOR ESPALDA	DOLOR CEBILLO	DOLOR GLOBAL	CABEZA	HOMBROS	ESCAPULAS	CV FRONTAL	CV SAGITAL	PELVIS FRONTAL	PELVIS SAGITAL	MOVILIDAD ROT CADERA	DISMETRIA	GENUS FRONTAL	GENUS SAGITAL	TALON	ARCO PIE	FLEXIBILIDAD CV	PSOAS	ISQUIOSURAL	CUADRICEPS	GEMELOS	MOVILIDAD HALLUX	COLGACION MOCHILA	PESO MOCHILA	TIEMPO MOCHILA	DEPORTE CLUBS	TIEMPO TV	TIEMPO PC
PELVIS SAGITAL	9 AÑOS	NS	NS	**	**	**	**	**	**	**	X	*	**	**	**	*	NS	NS	NS	*	NS	T	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS	NS	NS	**	**	**	*	*	**	**	*	*	**	T	*	NS	NS	NS	T	NS	*	*	NS	*	NS	NS	NS	NS
MOVILIDAD ROT CADERA	9 AÑOS	NS	NS	**	*	T	**	**	**	**	X	*	NS	NS	*	T	NS	NS	NS	T	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS	NS	NS	**	T	*	NS	NS	**	*	X	NS	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
DISMETRIA	9 AÑOS	NS	NS	NS	*	NS	*	*	**	*	*	X	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS	NS	NS	*	*	*	*	NS	**	*	NS	X	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
GENUS FRONTAL	9 AÑOS	NS	NS	**	**	*	T	*	NS	**	NS	NS	X	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	NS	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS	NS	NS	**	**	**	NS	NS	*	**	NS	NS	X	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
GENUS SAGITAL	9 AÑOS	NS	NS	**	*	*	**	NS	NS	*	NS	NS	*	X	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	T	NS	NS	NS	X	NS	NS	NS	NS	NS	T	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TALON	9 AÑOS	NS	NS	**	**	*	*	*	*	**	*	NS	*	*	X	**	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
	15 AÑOS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	*	NS	*	NS	X	**	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
ARCO PIE	9 AÑOS	NS	NS	NS	*	T	NS	NS	NS	*	T	NS	NS	NS	**	X	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	NS	NS	NS	**	X	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS: No Significativo. T: tendencia. *Relación significativa P<0,05. **Relación significativa P<0,001.

NS: No Significativo. T: tendencia. *Relación significativa P<0,05. **Relación significativa P<0,001.

TABLA 28. ASOCIACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS VARIABLES DEL DOLOR Y FACTORES DE RIESGO

	DOLOR ESPALDA	DOLOR CEBILLO	DOLOR GLOBAL	CABEZA	HOMBROS	ESCAPULAS	CV FRONTAL	CV SAGITAL	PELVIS FRONTAL	PELVIS SAGITAL	MOVILIDAD ROT CADERA	DISMETRIA	GENUS FRONTAL	GENUS SAGITAL	TALON	ARCO PIE	FLEXIBILIDAD CV	PSOAS	ISQUIOTIBIAL	CUADRICEPS	GEMELOS	MOVILIDAD HALLUX	COLOCACION MOCHILA	PESO MOCHILA	TIEMPO MOCHILA	DEPORTE CLUBS	TIEMPO TV	TIEMPO PC
DOLOR GLOBAL	9 AÑOS			NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
COLOCACIÓN MOCHILA	9 AÑOS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		NS	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		NS	NS	NS	NS	NS
PESO MOCHILA	9 AÑOS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		NS	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		NS	NS	NS	NS	NS
TIEMPO MOCHILA	9 AÑOS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		NS	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		NS	NS	NS	NS	NS
DEPORTE EXTRA	9 AÑOS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	15 AÑOS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	T	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TIEMPO TV	9 AÑOS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**
	15 AÑOS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TIEMPO PC	9 AÑOS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**
	15 AÑOS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS: No Significativo. T: tendencia. *Relación significativa $P < 0,05$. **Relación significativa $P < 0,001$.

9. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS CLUSTER

Las variables introducidas para el análisis cluster fueron: edad, sexo, dolor músculo esquelético, posición de la cabeza y hombros, alineamiento de la CV, pelvis y rodillas, en el plano frontal y sagital; diferencia de longitud de las EEII; posición del talón; acortamiento de los músculos psoas, cuádriceps, isquiopoplíteos y gemelos; movilidad del *hallux*; grado de actividad física, sedentarismo y mochila incorrecta (colocación, peso y tiempo de carga).

Al realizar el análisis del dendrograma (Fig. 47), observamos que la variable más alejada es la 18, ya que es la última en incorporarse al cluster final, y corresponde a la mochila; seguida de la variable 19, que corresponde a la práctica de deporte extraescolar; por lo tanto estas dos variables son la que guardan menos relación con el resto de variables analizadas. Por el contrario, las variables más cercanas entre sí son la 6 y 14, son las que primero se unen formando el primer grupo, y corresponden a la desalineación de la columna y pelvis en el plano frontal y a la escoliosis, respectivamente. Las siguientes variables más próximas entre sí son la 9 y 13, que conformarían el segundo grupo, y que corresponden al acortamiento del músculo psoas y a la limitación de la movilidad del *hallux*, respectivamente; y por último, las variables 1 y 11 que corresponden a la edad y al acortamiento del músculo cuádriceps. Estas variables, están muy próximas entre sí, dado que la mayoría de ellas se encuentran a una distancia escalar inferior a 5. Las variables más distantes son la 18, 2, 20 y 7, que se sitúan a distancias escalares superiores a 20, por lo tanto son las últimas en entrar a formar parte de los cluster formados. El dendrograma nos muestra también las variables que componen cada cluster en los diferentes estadios de su constitución. Para clarificar la interpretación se han realizado cortes a diferentes distancias escalares (15, 18 y 24).

Así vemos que a la distancia 24 (línea de color marrón, Fig. 48), se obtienen 3 cluster. El primer cluster engloba a las variables 6, 14, 5, 4 15, 8, 10, 7 y 16. El segundo cluster, engloba a las variables 1, 11, 12, 9, 13, 17, 3 y 20; y el tercer cluster engloba a las variables 2, 19 y 18.

Si realizamos el corte a una distancia escalar de 18 (línea de color naranja, Fig. 49), se obtienen 4 conglomerados o cluster. El primer cluster lo conforman siete variables (6, 14, 5, 4 15), el segundo constituido por sólo dos variables (8, 10), el tercer cluster constituido por otras siete variables (1, 11, 12, 9, 13, 17 y 9), y el cuarto cluster está constituido por las variables 2 y 19. Las variables 7 (talón), 16 (*genu* frontal), 20 (tiempo de TV y PC) y 18 (mochila), dejan de pertenecer a algún cluster, quedando independientes.

Realizando un corte más proximal, a una distancia 15 (línea de color rojo; Fig. 50), se forman sólo 2 cluster, quedando independientes las variables 15, 8, 10, 7, 16, 20, 2, 19 y 18. En el primer cluster permanecen las variables 6, 14, 5 y 4 del primer cluster, y todas las variables que conformaban el segundo cluster del corte realizado a la distancia 24 (1, 11, 12, 9, 13, 17 y 3), lo que indica la gran proximidad de las variables, ya que persiste desde la distancia 24 a la 15. Analizando las variables de estos dos cluster, el primero engloba las variables relacionadas más estrechamente con la columna y pelvis frontal, con la escoliosis y la posición de la cabeza y hombros, siendo una agrupación muy lógica, que tiene un apoyo en el análisis univariante. El cluster dos está conformado por las variables que corresponden a los acortamientos musculares, la edad, la movilidad del primer dedo del pie, *genus* sagital y el dolor. En este conglomerado se distinguen dos partes, la primera engloba la edad y los músculos cuádriceps y psoas y a este pequeño agrupamiento se une, en un paso posterior, el músculo psoas, la movilidad del *hallux*, los *genus* sagitales y, por último, a estos se une el dolor.

Al ver la proximidad de las variables del cluster 2 de la Figura 50 (variables 1, 11, 12, 9, 13, 17 y 3), hemos aplicado un modelo de regresión logística para estudiar la influencia independiente y simultánea de las variables que influyen sobre la variable 3, el dolor músculo-esquelético inespecífico de los escolares, observando que los escolares con un acortamiento del músculo cuádriceps tienen el doble de riesgo de sufrir este tipo de dolor, lo mismo que aquellos que tienen una limitación en la movilidad del *hallux* (Tabla 29).

TABLA 29. RESULTADOS DE LA REGRESIÓN LOGÍSTICA ENTRE LAS VARIABLES DEL CLUSTER 2 RESULTANTE DEL CORTE A LA DISTANCIA 15
Variables en la ecuación

	Sig.	OR	I.C. 95,0% para OR	
			Inferior	Superior
PASO 3 ^a				
<i>HALLUX_GLOBAL</i> (1)	,051	1,911	,998	3,658
<i>CUADRICEPS</i> (1)	,025	1,943	1,088	3,468
Constante	,000	,156		

^a Variable(s) introducida(s) en el paso 1: *HALLUX_GLOBAL*, *PSOAS*, *CUADRICEPS*, *GEMELOS*

***** HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

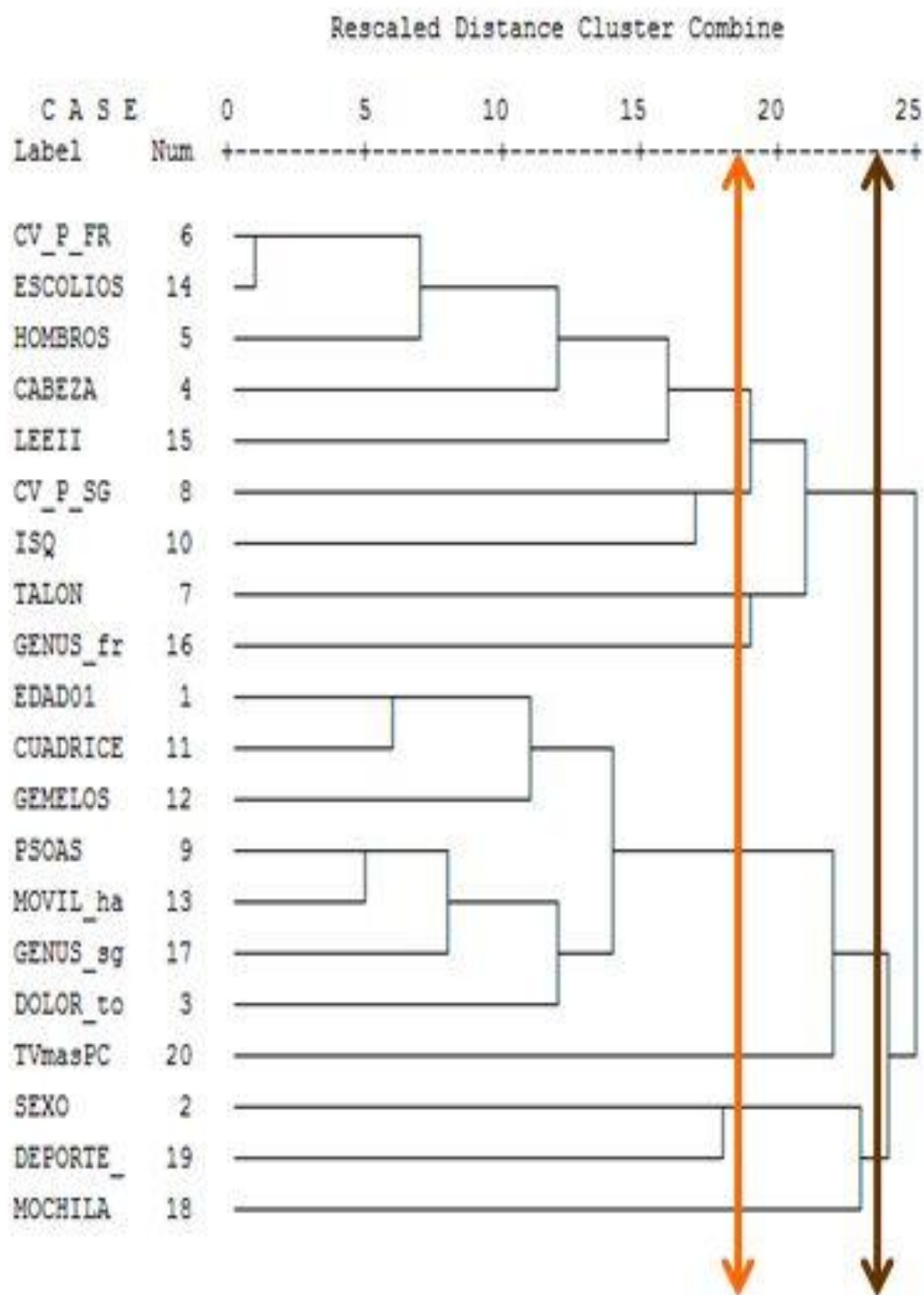


Figura 47. Análisis Cluster. Dendrograma obtenido mediante el método de encadenamiento completo (distancia euclídea al cuadrado). Las líneas señalan los cortes para la interpretación de los cluster.

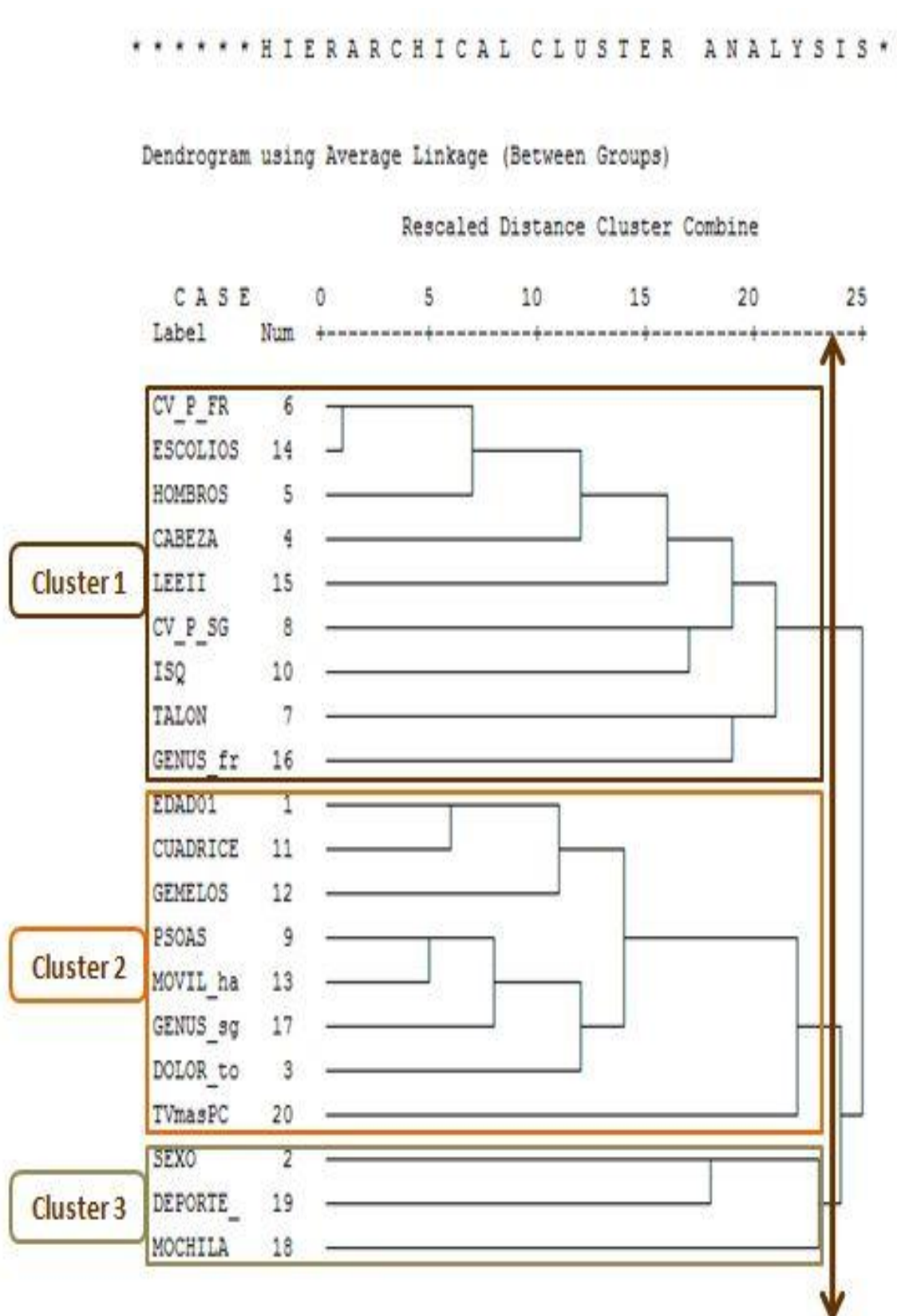


Figura 48. Dendrograma para análisis de los cluster. En la imagen se remarcan en cajas con distintos colores con las variables que conforman los cluster obtenidos a la distancia 24.

***** HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

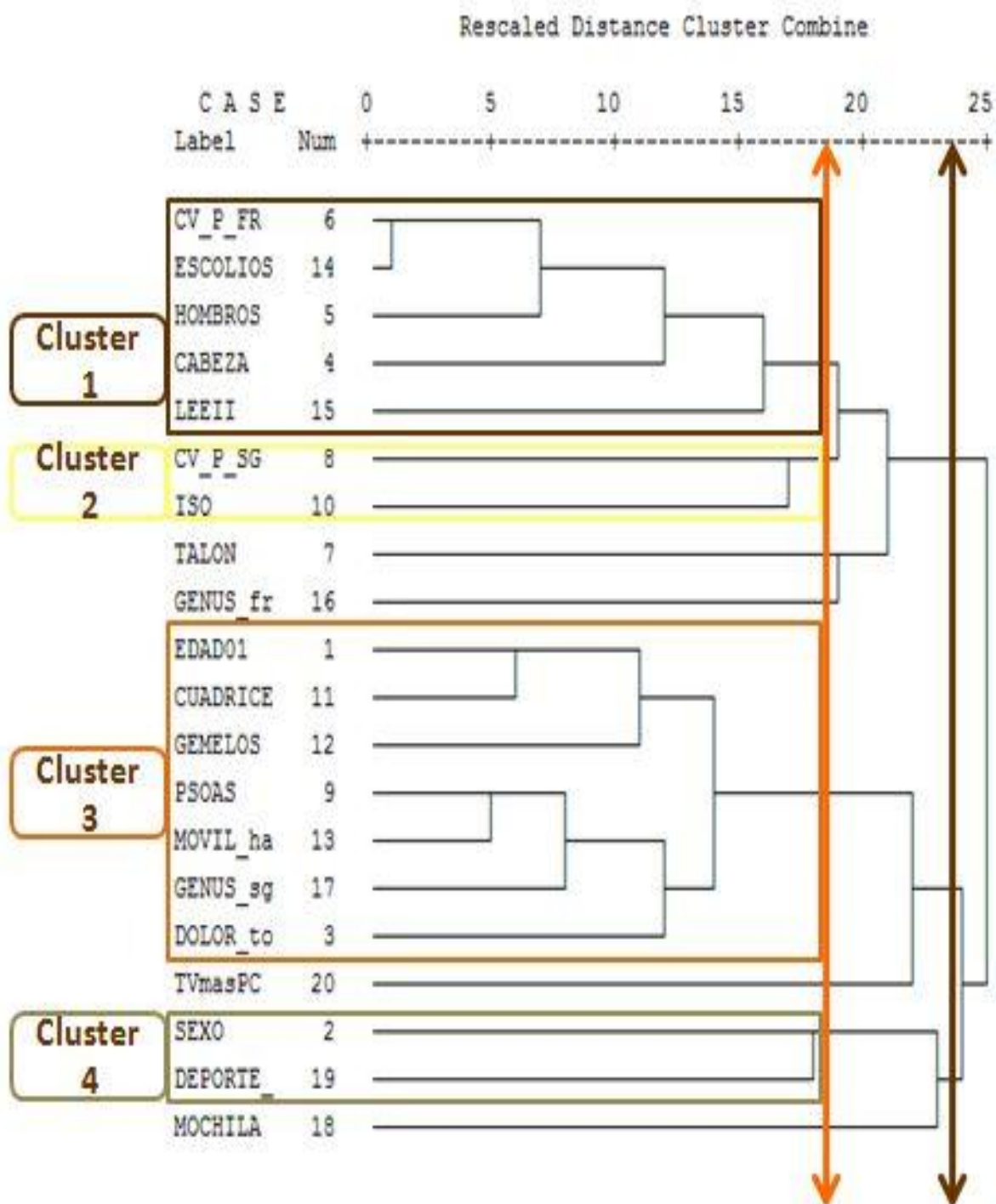


Figura 49. Dendrograma para análisis de los cluster. En la imagen se remarcen en cajas con distintos colores con las variables que conforman los cluster obtenidos a la distancia 18.

***** HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

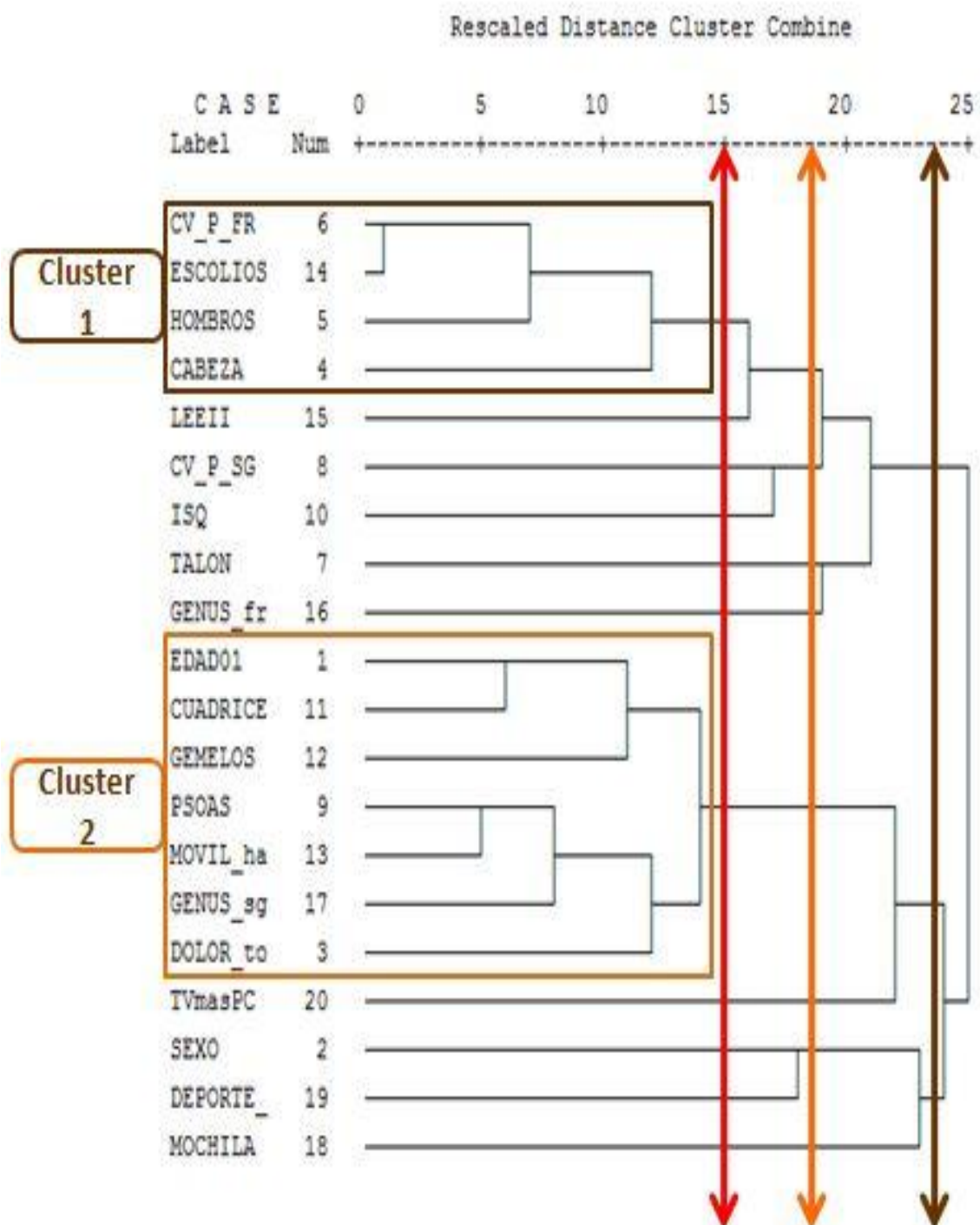


Figura 50. Formación de los cluster según la distancia de corte. Los dos cluster que permanecen a una distancia 15 están señalados con una caja para visualizar las variables que los conforman.

Discusión

*Ciencia, es todo aquello sobre lo cual siempre
cabe discusión.*

*José Ortega y Gasset (1883-1955)
Filósofo y ensayista español*

Muchos estudios reflejan la importancia de valorar la postura ortostática desde la edad infantil²¹⁶⁻²¹⁹, ya que algunas alteraciones posturales comienzan a manifestarse en edades tempranas, por lo que su detección permitirá una intervención precoz. Con este trabajo se pretende caracterizar los desequilibrios posturales de escolares de 9 y 15 años, de una muestra tomada en once colegios de la Comunidad de Madrid, mediante la valoración cualitativa de la posición de la cabeza, tronco, pelvis y EEII; la realización de determinados test clínicos de elasticidad muscular; y la cuantificación goniométrica de la movilidad de varias articulaciones de la EI, comparando los resultados por edad y sexo. Teniendo en cuenta que el análisis postural en un sólo plano es limitante, ya que en muchos procesos patológicos la alteración es triplanar, hemos realizado la inspección visual tanto en el plano frontal como en el sagital, aunque debería ser estudiada en los tres planos del espacio.

Algunos resultados obtenidos en este trabajo son difíciles de contrastar con aquellos encontrados en la literatura, ya que en el presente estudio se ha hecho un análisis fundamentalmente cualitativo basado, como hemos descrito, en la inspección visual de los segmentos implicados en el alineamiento postural, mientras que la mayoría de los trabajos publicados relacionados con la postura, se apoyan en metodologías más cuantitativas^{12,14,70}, utilizando fotografías, simetrógrafo, radiografías, métodos fotogramétricos, estabilométricos, etc. Aunque el análisis visual de la postura tiene menor precisión que otros métodos de evaluación postural, este método es reconocido como un instrumento de utilidad por la comunidad científica por ser rápido, simple, de bajo coste, estar exento de riesgos y ser de una fiabilidad intra-explorador aceptable^{14,220,221}. Aún así existen hoy en día muchos estudios cuyo objetivo es establecer una técnica de evaluación postural estándar, ya que su análisis continúa siendo un desafío para muchos profesionales de la salud^{11,222,223}.

A la hora de valorar la postura en la edad infantil, hay que tener en cuenta que los niños no tienen los estándares de alineamiento postural de un adulto, debido a la mayor movilidad y flexibilidad que existe durante este periodo de crecimiento. Esta situación a su vez puede predisponer a desviaciones temporales que en un adulto serían consideradas anormales, de ahí que el objetivo principal de este trabajo haya sido determinar y comparar los defectos posturales entre escolares de dos grupos de edad, 9 y 15 años, con estadios de desarrollo biológico claramente diferentes, prepúberes y púberes, determinando las posibles relaciones entre las alteraciones observadas y los factores externos considerados por muchos autores^{63,185,190-192,224-227} como factores desestabilizadores de la postura, como es el peso excesivo de las mochilas, la práctica de deporte o el sedentarismo, con el objetivo de establecer determinantes de riesgo

biológico de síndromes dolorosos músculo-esqueléticos no orgánicos, en estas etapas tempranas del desarrollo.

El análisis de la postura debe comenzar valorando la posición de la cabeza, ya que ésta juega un papel muy importante como factor determinante de la estabilidad postural^{8,30}. Los resultados de nuestro estudio muestran que las alteraciones en la posición de la cabeza se incrementan significativamente con la edad (30,9% en 9 años frente a 43,9% en 15 años), porcentajes ligeramente inferiores a los descritos por Penha et al⁸⁰, que refieren desalineaciones de ésta en el 58% de los niños de 7 años y en el 76% de los de 10 años. No hemos obtenido diferencias significativas entre sexos, lo cual difiere de los resultados de otro estudio de Penha et al²²⁸, realizado en niños de 7 y 8 años, valorados mediante un simetrógrafo, con predominio de antepulsión de la cabeza en las niñas frente a sus homólogos masculinos. Este resultado se asemeja a los resultados obtenidos en nuestro estudio donde se ha observado esta tendencia a la proyección anterior de la cabeza en los varones, sobre todo en grupo de 15 años.

Las desviaciones de la cabeza en el grupo de adolescentes se han asociado a un mayor tiempo de transporte de la mochila, lo que podría ser explicado por la postura que adoptan éstos al cargarla cuando se coloca incorrectamente y tiene un peso excesivo, adelantando los hombros y la cabeza cuando el peso recae sobre los riñones, de forma que se ven obligados a forzar la postura hacia adelante para distribuir eficazmente el peso sobre sus hombros, espalda y caderas. En nuestra serie, los hombros y escápulas se han visto peor alineados que la cabeza, situación reflejada también por Penha et al⁸⁰, aunque sus resultados muestran una proporcionalidad diferente, predominando las asimetrías de hombros, seguidas de las escápulas y de desviaciones de la cabeza, mientras que nuestros resultados muestran predominio de defectos en las escápulas, seguido de hombros y cabeza (69,9%, 53,7% y 30,9%, respectivamente). Al comparar las desalineaciones de estos segmentos en ambos grupos de edad, vemos que la cabeza y los hombros empeoran significativamente con la edad, mientras que la posición de las escápulas tienden a mejorar con el desarrollo madurativo, observación realizada también por Pinho et al²²⁹, que afirman que las desalineaciones escapulares empiezan a corregirse a partir de los 10 años, lo cual coincide con lo observado en este estudio.

El defecto escapular más prevalente en el grupo de 9 años fueron las escápulas aladas, mientras que en los adolescentes fueron las escápulas a diferente altura. Las escápulas *alatas* son muy frecuentes en la niñez^{8,10,230}, Kendall's et al⁸, lo relaciona con una débil fijación escápulo-torácica y asimetrías musculares, concretamente a una mayor acción del serrato anterior y pectoral, sobre el trapecio y romboides. Algunos autores^{8,10,80} asocian las desviaciones de la cintura escapular con la dominancia de una mano, relación no observada en este estudio. Sí hubo una asociación significativa, lógica

y esperable, con las desalineaciones de los segmentos relacionados con ellas, como la cabeza y los hombros y la columna, pero también con la pelvis y las diferencias de longitud de las EEII. Sin embargo no hubo relación de las desviaciones estos segmentos con el dolor músculo-esquelético, ni con la mochila mal transportada, la práctica de deporte extraescolar o los hábitos más sedentarios.

Un segmento clave a la hora de analizar las alteraciones de la postura es la CV, ya que sus alteraciones no sólo tienen una repercusión estética y funcional, sino también son causa de dolor de espalda, tal como se refleja en la literatura^{8,12,66,68,182,195,200,231-234}. Asimismo, es muy importante la detección temprana de las desviaciones patológicas de la CV pues permitirán iniciar un tratamiento precoz que, en muchos casos, logrará impedir la progresión de las curvas, evitando cirugías. La escoliosis idiopática es uno de los desequilibrios de la CV cuya detección precoz es de vital importancia, ya que su presencia se hace más evidente en la infancia y puede progresar de manera espectacular y silenciosa durante la fase de crecimiento rápido; además no suele asociarse con dolor de espalda^{12,15,129}, lo que unido a la actitud reservada que caracteriza a los preadolescentes, hace que en muchos casos no se diagnostique en el momento oportuno, por lo que es imprescindible una detección temprana, una actuación terapéutica adecuada, y un estrecho seguimiento a lo largo de toda la pubertad. Este es el objetivo principal de los programas de *screening* para detección de la escoliosis, como parte de la supervisión de la salud en pediatría^{62,90,235}. Una vez finalizada la etapa de crecimiento, la CV se estabiliza, manteniendo su forma estable durante el resto de la vida adulta, o con mínimas o nulas variaciones.

En nuestra serie no se han encontrado escoliosis idiopáticas sin diagnosticar, lo que demuestra la efectividad de los programas de detección en Atención Primaria Pediátrica. Aunque casi la mitad de la población analizada presentaba algún tipo de desviación de la CV, éstas no fueron muy importantes, ya que no se observó ninguna escoliosis idiopática infantil.

En el grupo de adolescentes, tres mujeres y tres varones, estaban diagnosticados de escoliosis idiopática, encontrándose en el momento de la exploración en tratamiento o seguimiento, representando el 3,8% del grupo de adolescentes. La prevalencia de escoliosis idiopática del adolescente hallada en este trabajo, concuerda con las reflejadas en la literatura, que oscilan entre el 0,5 y el 4%²³⁶. La razón varón/mujer en los escolares diagnosticados fue de 1/1, frente al 1/4 descrito por Stracker et al²³⁶, aunque De la Cruz et al²³⁷, y Soucacos et al²³⁸, no refieren predominio de sexo en las patologías leves, mientras que en las escoliosis más graves refieren un claro predominio en mujeres.

La prevalencia de desviaciones escolióticas en la muestra total fue del 28,6% para gibosidades costales en el test de Adams inferiores a 7º, y del 1,4% para curvas

mayores de 7º, siendo la prevalencia de actitudes escolióticas, con test de Adams negativo, del 12,5%. En el grupo de 9 años las incurvaciones laterales de la CV, con test de Adams positivo inferior a 7º de giba costal, fueron del 23,9%, ligeramente inferior a los datos de Pinho y Duarte²²⁹ para el mismo grupo de edad (31%), pero notablemente inferiores a los publicados por Penha⁸⁰, que obtuvieron una prevalencia del 52% de escoliosis, diferencias que podrían ser debidas al método de evaluación.

Ostojic et al²³⁹, en su estudio realizado en niños y niñas obtienen una prevalencia de escoliosis del 11,8%, llegando a la conclusión de que el 33,4% de la población presentaba alguna alteración raquídea con mayor o menor grado de gravedad. Estos desequilibrios laterales de la columna fueron significativamente más frecuentes en el grupo de adolescentes, lo que confirma que las deformidades del raquis se incrementan con la edad, hecho referido también por Kovacs et al¹⁹⁵.

Bunell⁹⁰, tras los análisis realizados en 1.820 pacientes de 10 años de edad diagnosticados de escoliosis, aconseja derivar a aquellos niños que tengan un ángulo de torsión del tronco mayor de 7º (medido mediante un escoliómetro que permite valorar la gibosidad de la espalda), ya que prevé una progresión rápida de la curva en un tercio de ellos, con una mayor predisposición si se encuentran en estadios madurativos bajos en el momento del diagnóstico (Escala de Tanner I y II).

En relación a los resultados del test de Adams, nuestros datos difieren de otros estudios nacionales, como los publicados por la Diputación General de Aragón²⁴⁰, que señalan que el 19,2% de los escolares valorados mediante la técnica de Adams, presentaban escoliosis, lo que concuerda con nuestros resultados. Asimismo, Sara et al²⁴¹, señalan resultados del 18,8% con la misma alteración raquídea y Redondo et al²⁴², en su cribado de escoliosis en niños entre 10 y 12 años, obtienen una prevalencia del 16%. Brooks et al²⁴³, encontraron un porcentaje de escoliosis del 17%, valorado también mediante la metodología del test de Adams. Los estudios radiográficos aportan prevalencias aún menores, como el de Rogala et al²⁴⁴, Yawn et al²⁴⁵ y Skaggs et al²⁴⁶, Arregui et al²⁴⁷ y Zurita et al⁹¹, en España.

La curva de localización torácica predominó en ambos grupos de edad y sexos, pero se observaron diferencias en la dirección de la misma según la edad, de forma que predominó la curva torácica de convexidad izquierda en niños mientras que en los adolescentes fue torácica derecha, resultados semejantes a los de Grivas et al²⁴⁸, que obtienen también un predominio torácico derecho.

Algunos autores⁸ tratan de relacionar dirección de la curva raquídea con la dominancia de una mano, ya que la proporción de personas diestras es mayor, asociación no observada en nuestros resultados. En la literatura²⁴⁹⁻²⁵¹ también se trata de relacionar las curvas de la columna con la colocación y peso de la mochila, asociaciones que tampoco se observaron en este trabajo, ni siquiera en aquellos

escolares que cargaban habitualmente la mochila con un peso excesivo para su edad, considerado éste cuando superaba el 15% del peso del niño, tal como se recomienda en la literatura²⁴⁹⁻²⁵¹. Steele et al²⁵², tras una revisión sistemática de la literatura tampoco pudo establecer una relación clara con el peso de las mismas, aunque sugiere que debe evitarse este factor de riesgo. Otro punto de discusión en la literatura es la relación entre la presencia de escoliosis y el dolor de espalda, de forma que mientras algunos autores refieren una relación estrecha^{91,201,253}, para otros esta relación no es tan clara¹², situación ésta última coincidente con los resultados de este estudio, donde tampoco se observó una asociación significativa entre las desviaciones de la CV y el dolor de espalda, analizándolo en ambos planos y globalmente. Es posible que la ausencia de relación pueda ser debida al tamaño de la muestra.

En relación al equilibrio de la CV, al finalizar la exploración de todos los escolares de este estudio, independientemente del estadio puberal, todos aquellos que mostraron un test de Adams levemente positivo, recibieron un informe recomendando su valoración por el pediatra o médico de atención primaria, correspondiente.

En nuestro estudio la prevalencia de los defectos posturales de la CV en el plano sagital fue mayor que en el plano frontal que (54,8% en el plano sagital frente a 43,5% en el plano frontal). No hubo ningún caso de cifosis patológica, valorada clínicamente mediante el test de Adams en visión lateral, obteniendo una prevalencia de cifosis posturales del 9,6%, notablemente inferior a los resultados obtenidos por Cil et al²⁵⁴ y Nájera-Martínez et al⁹³, que refieren una prevalencia de la misma en su estudio en adultos jóvenes del 16%. Sin embargo, esta prevalencia de cifosis postural es semejante a la descrita por Poussa et al²⁵⁵. Hemos observado un predominio significativo en los varones de 9 años, pero no en los adolescentes del mismo sexo. Esto concuerda con los resultados de Cil et al²⁵⁴ y Poussa et al²⁵⁵, que postulan que la cifosis va aumentando hasta los 10 años, luego disminuye hasta los 12 años, para volver a aumentar desde los 13 a los 15 años. Cabe destacar la baja prevalencia de cifosis torácica postural observada en las mujeres (4,6%), lo que difiere mucho de los resultados de Penha et al⁸⁰, que encuentran hipercifosis torácica en el 45% de las niñas de 9 años analizadas mediante un simetrógrafo. Esta diferencia tan importante probablemente sea debida al método de valoración. Por otra parte, Poussa et al²⁵⁵, refiere prevalencias más próximas a las nuestras, alrededor del 1% en mujeres de 22 años. Cabe resaltar también, que la actitud cifótica en las adolescentes se relacionó con un mayor tiempo de transporte de la mochila, dato que no hemos visto reflejado en la literatura revisada, ya que la mayoría de los estudios^{185,186}, analizan la carga o la colocación de la mochila y lo relacionan fundamentalmente con síndromes dolorosos y escoliosis, pero no con cifosis, por lo que pensamos que este parámetro debería ser estudiado para determinar el papel que puede tener la mochila no sólo en el

desencadenamiento de síndromes dolorosos, sino también en la génesis de desequilibrios posturales sagitales. Una posible explicación a esta asociación entre mochila y cifosis torácica observada en nuestros resultados, podría ser necesidad de proyectar el tronco hacia adelante para soportar mejor la carga de la mochila, conforme aparece fatiga al aumentar tiempo. Esto podría evitarse si los escolares transportasen la mochila correctamente colocada siguiendo las recomendaciones señaladas por el Consejo General de Colegios Oficiales de Médicos de España (http://www.cgcom.org/noticias/2008/09/08_09_04_espalda), la Fundación Kovacs (<http://www.kovacs.org/>), y por organizaciones internacionales y en la comunidad científica^{63,64,186,188,224}, coincidiendo todos en que la mochila debe transportarse centrada entre los dos hombros y fija en la cintura mediante un cinturón, pero obviamente, los adolescentes sobre todo las mujeres, escogen y transportan las mochilas en función de la moda y la estética, no en función de la ergonomía, probablemente por no comprender la repercusión que a largo plazo podría tener sobre su salud, y en este punto debería realizarse una buena Educación Sanitaria.

Mientras que el segmento torácico de la columna en el plano sagital se mostró relativamente bien alineado, el segmento lumbar se mostró alterado en la mitad de los escolares (50,2%), con una prevalencia de hiperlordosis lumbar del 48,8%, valores muy superiores a lo establecido en la literatura, donde se reflejan prevalencias de hiperlordosis lumbar del 29%²⁵⁶. La hiperlordosis lumbar fue significativamente más prevalente en los niños de 9 años (56% frente al 36,9%), siendo estos resultados semejantes a los señalados por Penha et al⁸⁰, que observaron en niñas de 9 años una prevalencia de hiperlordosis del 52%. No hubo diferencias según el sexo, lo que difiere de los resultados de Widhe⁸⁷, que señala un predominio de hiperlordosis lumbar en el sexo femenino.

Analizando la alineación global de la CV se observaron diferencias significativas en función de la edad pero no del sexo, de forma que mientras las desalineaciones en el plano frontal se van incrementando significativamente con la edad del niño, las desalineaciones en el plano sagital disminuyen, también de forma significativa, con el crecimiento, observando que la mayor corrección en este plano se realiza a expensas de la pérdida de la hiperlordosis lumbar, tan frecuente en los niños^{87,128,257}. De acuerdo con la literatura, la amplia variación en la cifosis torácica e hiperlordosis lumbar durante el crecimiento puberal es básicamente un proceso fisiológico^{21,258}. En este sentido, también podríamos decir que la cifosis es más dependiente del sexo y se va incrementando con la edad, situación observada también por Widhe et al⁸⁷, quien establece que el segmento torácico de la columna es menos dependiente de la edad y del equilibrio de la pelvis, mientras que la hiperlordosis es más dependiente de la edad y del equilibrio de la pelvis, disminuyendo en el grupo de adolescentes. Esta evolución con

el crecimiento podría explicarse por las diferencias de desarrollo de la musculatura abdominal, la cual juega un papel determinante en la estabilidad de la columna lumbar, fortaleciéndose y haciéndose más efectiva con el crecimiento, lo que ocurre según Kendall's⁸ entre los 10 y 12 años, coincidiendo con la disminución de la protrusión abdominal. Con la ganancia de fuerza de la musculatura abdominal y paravertebral lumbar se va corrigiendo la hiperlordosis lumbar, la anteversión pélvica y la hiperextensión de la rodilla en el proceso normal de desarrollo del niño, relación también observada en nuestro estudio^{254,257,259}. Aunque la columna lumbar es, obviamente, el segmento más dependiente de configuración de la pelvis, en nuestros resultados el equilibrio normal de la pelvis fue mejor que la alineación de la CV en el plano sagital (61,1% pelvis sagital frente al 45,2% CV en el plano sagital). Widhe et al⁸⁷, establece que la alineación sagital de la pelvis junto a la lordosis lumbar, son segmentos clave en la postura corporal, ya que es el punto central de posibles compensaciones, ascendentes o descendentes, secundarias a limitaciones. Este efecto tampón de la pelvis o "armonía pélvica", también se ha observado en el plano frontal, por lo que se podría considerar la pelvis como pieza clave en el juego del equilibrio corporal, situación por otra parte comprensible por su situación central.

En el plano frontal, la pelvis se mostró desalineada en el 30,3% de la muestra total, observándose un incremento significativo de los desequilibrios frontales con la edad. Este hecho difiere de los resultados de Penha et al⁸⁰, que sugiere una corrección en las inclinaciones laterales de la pelvis paralela al crecimiento. Se ha visto una asociación significativa entre la caída de la pelvis y la presencia de disimetrías (30,3% frente al 37% de disimetrías en la muestra total), con un ligero predominio de éstas últimas. Esta diferencia podría explicarse por el efecto de la "armonía pélvica" antes mencionado, y por la magnitud de las discrepancias en la longitud entre las EEII; de forma que las disimetrías leves podrían no tener repercusión sobre la pelvis, afectando a su equilibrio sólo las más graves.

Otro punto importante dentro de la valoración de la postura es el análisis de las EEII, ya que tanto las discrepancias en longitud como las desalineaciones angulares y axiales de las EEII van a alterar la postura. Las alteraciones torsionales de las EEII sufren modificaciones relacionadas con el crecimiento. Su presencia es motivo de preocupación frecuente en los padres debido a la repercusión que muestran sobre la marcha, constituyendo la primera causa de consulta ortopédica infantil¹²⁹. La mayor parte de estas deformidades axiales se corrigen espontáneamente con el crecimiento^{8,10} aunque, paradójicamente, en nuestro estudio hemos observado un incremento significativo con la edad, predominando en los adolescentes. Las alteraciones rotacionales pueden ser secundarias a alteraciones estructurales o musculares en la cadera, en la pierna o en el pie. Durante el desarrollo normal se van a producir cambios

rotacionales, tanto en el fémur como en la tibia, disminuyendo la ROTI con la edad hasta alcanzar una alineación axial normal, que se traduce en un ángulo de marcha de unos 10-15° de ROTE. También existen diferencias morfológicas entre ambos sexos, de forma que las mujeres presentan, en condiciones de normalidad, mayor ROTI que los varones¹²⁹. Este hecho sí concuerda con nuestros resultados, obteniendo diferencias significativas entre ambos sexos, con predominio de las ROTI en mujeres. En este trabajo se han analizado las alteraciones torsionales de las EEII en función de la direccionalidad de las rotaciones de la cadera, de la posición de las rótulas y de las alteraciones en el ángulo de progresión de la marcha; desalineaciones clínicas cuantificables y fácilmente observables en bipedestación y visión anterior.

Ningún escolar refirió sintomatología dolorosa en la articulación de la cadera, aún así, se cuantificó el RDM de las rotaciones para estimar la prevalencia de las patologías torsionales de la EI de origen femoral. No hubo diferencias por edad, pero sí se observaron diferencias por sexo dentro de cada grupo de edad. La ROTI de la cadera predominó de forma significativa en mujeres en ambos grupos de edad; mientras la ROTE fue más marcada en los varones, sobre todo en los adolescentes, resultados semejantes a los descritos en otros estudios^{260,261}. El incremento significativo del RDM de la ROTI en las mujeres, asociado a un mayor *genu* valgo, propio del género femenino, son considerados factores de riesgo de lesiones de la rodilla, hecho que se refleja en múltiples trabajos^{262,263}. La disminución de los valores de ROTI de cadera con la edad de los escolares es un proceso que forma parte del desarrollo, pero este hecho fue mucho más marcado en los varones, resultados que coinciden con los descritos por Jacquemier et al²⁶⁰, en su estudio realizado en niños sanos, estimando que la corrección de la anteversión femoral se alcanza hacia los 10 años de edad^{115,126,134,264,265}, mientras que otros autores sitúan esta edad en los 12 años⁸⁰.

En este sentido, podemos pensar que en nuestro grupo de escolares de 9 años todavía se podrían producir cambios en los valores observados. Sabemos que una antetorsión femoral patológica se asocia con desviaciones de la rótula hacia medial, ángulo de progresión de la marcha cerrado e hiperpronación del pie^{122,266}, sin embargo no podemos analizar la repercusión que las alteraciones de las rotaciones de cadera encontradas pueden tener sobre la marcha, ya que en este trabajo no se ha cuantificado la torsión tibial, y muchas torsiones femorales pueden ser compensadas en el segmento pierna, resultando un ángulo de progresión de la marcha normal. Tampoco hemos podido establecer una asociación entre el incremento de las ROTI y la hiperpronación del pie, medida indirectamente por la PRCC, relación claramente establecida en la literatura²¹¹. Esta falta de relación podría ser debida a los métodos de valoración, ya que mientras uno fue analizado goniométricamente, la posición del talón fue realizada sólo por inspección visual y, obviamente, esto se traduce en una mayor

imprecisión. Es posible que si se hubiese cuantificado goniométricamente el RDM de la articulación subastragalina se hubiese podido obtener una asociación significativa similar a la descrita en la literatura.

Hay que destacar el incremento tan importante del RDM de las ROTI en las mujeres (54,9% ROTI en mujeres frente al 21,7% en varones; $p < 0,001$), mientras que el incremento del RDM de las ROTE predominó significativamente en los varones (1,5% ROTE mujeres frente a 8,1% de ROTE varones). Estos resultados difieren de los publicados por Jacquemenier et al²⁶⁰, que no observaron retroversiones femorales en varones sanos entre 3 y 10 años. Esta diferencia tan marcada podría ser debida, nuevamente, a diferencias metodológicas, ya que nuestro análisis fue cuantitativo, mientras que la valoración de la posición de las rótulas, como medida indirecta de las rotaciones de cadera, podría distorsionar los resultados por influir otros factores, como el mayor desarrollo muscular de los vastos que caracteriza a los adolescentes varones, frente a sus homólogas femeninas. El predominio de las rotaciones femorales internas observadas en nuestro estudio, también han sido descritas por otros autores como Penha et al⁸⁰, que refieren porcentajes de ROTI en niñas de 9 años del 73%, y aunque es un porcentaje alto, todavía podría disminuir hasta la edad de 12 años^{8,80}.

La relevancia clínica de las alteraciones rotacionales de la EI es la repercusión cinemática, en cadena cinética invertida, que se produce a lo largo de la pierna²⁶⁷. De forma que el incremento de la ROTI de la EI condicionaría una mayor pronación del pie, lo que a su vez puede predisponer, tal como lo refiere Khamis et al²⁶⁸, en su estudio, a un incremento de dolor y de lesiones por sobreuso en toda la EI e incluso en la pelvis; de forma más intensa durante la práctica deportiva. Esta asociación entre el incremento de las ROTI en las EEII y el dolor no se ha obtenido en nuestros resultados. Detectar estas alteraciones rotacionales a edades más tempranas puede permitir su corrección, mediante actuaciones ortopédicas cuando sea posible y, sobre todo, una buena educación postural, evitando que el niño adopte malas posturas al dormir y al sentarse mientras juega (postura en "W"), que impedirían la evolución normal de la torsión femoral con el crecimiento.

Otro aspecto a valorar son las deformidades angulares de las EEII las cuales, cuando son marcadas, son percibidas fácilmente por los padres, lo que supone uno de los motivos de consulta más frecuentes para el ortopedista infantil¹²⁹. Conociendo el curso natural de la conformación angular de las EEII en el plano coronal, que se produce con el crecimiento^{10,125,126}, sabemos que hacia los 7 años de edad se alcanzan los valores de valgismo fisiológico propios de un adulto¹²⁶ por lo que, en principio, nuestra población debería mostrar la alineación angular de las rodillas normal del adulto, sin embargo, casi un tercio de los escolares de 9 años valorados y casi la mitad de los adolescentes, mostraron alguna desalineación angular de las rodillas. Se observaron

diferencias significativas según la edad, con un predominio significativo del *genu* varo patológico en el grupo de 15 años. Hubo diferencias por sexo sólo en el grupo de 9 años, con predominio de *genu* valgo en las mujeres de 9 años (13,1% frente a 2,5%; $p=0,03$), sin embargo nuestros resultados son muy diferentes a los observados por Penha et al⁸⁰, que refieren una prevalencia de *genu* valgo en niñas de 9 años del 58%. Esta diferencia tan importante puede ser debida al método de cuantificación goniométrica (grados), frente a la cuantificación de la separación intermaleolar (cm) realizada en este trabajo. Creemos que estos datos deben ser analizados con cautela ya que no se ha valorado el segmento pierna, por lo que no podemos evaluar el factor de confusión que pudiera ejercer la presencia de una torsión tibial interna.

Las rodillas mostraron mejor alineamiento en el plano sagital (84,2%), no existiendo diferencias significativas en función de la edad, ni del sexo. En las mujeres predominó ligeramente el *genu recurvatum*, mientras en varones fue ligeramente mayor el *genu* flexo, esto podría relacionarse con la mayor retracción de los músculos isquiosurales y gemelos observada en los varones^{54,194}. Hemos evidenciado una relación entre hiperextensión de rodilla, anteversión pélvica e incremento de la lordosis lumbar, asociación descrita también por varios autores^{8,16,130,178,179,229,269}, factores todos ellos que se modifican favorablemente con el crecimiento.

Todo análisis postural debe incluir la valoración de los pies, ya que cualquier defecto en el apoyo plantar desencadenará un cortejo de adaptaciones posturales más o menos desfavorables. El pie, al igual que toda la EI, también sufre modificaciones con el crecimiento, de tal forma que hay un predominio de las rotaciones y desviaciones internas, junto a una menor altura del ALI en edades más tempranas, que se van a ir corrigiendo con el crecimiento⁸. El apoyo de los pies determina la base de sustentación del individuo y eso condiciona su estabilidad pero, además, dependiendo de cómo se realice este apoyo, se van a producir adaptaciones biomecánicas que repercutirán en la dinámica de toda la EI; de la misma manera que las alteraciones de las EEII repercutirán en la función mecánica del pie^{130,211,270-276}.

En nuestro trabajo el 39,9% de los escolares valorados mostraron una alteración en la posición del talón (PRCC), en bipedestación estática. Se observaron diferencias significativas por edad, con una prevalencia de desalineaciones del talón mayor en niños (42,9% frente al 34,4% en los adolescentes), predominando los talones en valgo en niños sobre el retropié varo observado en los adolescentes, siendo estos resultados similares a los publicados en la literatura^{80,228}. No se observaron diferencias en función del sexo en ningún grupo. La posición del talón tiene repercusiones en la mecánica del pie y en toda la cadena cinética y cinemática de la pierna, de forma que un retropié muy valgo condicionará una hiperpronación de la articulación subastragalina, lo que conduce a un incremento de la ROTI en la cinemática de toda la EI, hasta alcanzar la

cadera, pudiendo incrementar la anteversión de la pelvis²⁶⁸ y la hiperlordosis lumbar, lo que genera sobrecarga articular y dolor lumbar. En nuestra serie no hemos encontrado asociación entre una mala posición del talón y el dolor en las piernas ni en la espalda, probablemente por tratarse de población joven.

La mitad de los escolares estudiados mostraron un ALI del pie mal conformado, siendo más prevalentes los pies con ALI bajos (pies planos), hecho que concuerda con los datos reflejados en la literatura^{80,130,274,277-280}. Igual que la posición del talón, la cual se correlacionó significativamente con el arco del pie, los niños de 9 años mostraron de forma significativa una mayor prevalencia de arcos bajos que los adolescentes (43,8% frente al 29,4% de pies planos), siendo estos resultados muy diferentes a los publicados por Zafiroopoulos et al¹⁶⁷, que refieren una prevalencia de pies planos en una población de 569 niños de 6 años del 16,7%. Staheli²⁸¹ establece que la edad máxima para la corrección del ALI es alrededor de los 12 años, pudiendo ser ésta la causa de mayor prevalencia encontrada en el grupo de los niños de 9 años.

Quizá, de todos los resultados obtenidos en este trabajo el que más sorprende es la elevada prevalencia de la limitación del movimiento de FD de la 1AMTF del pie, denominado en la literatura como *hallux limitus*. En la bibliografía revisada para este trabajo no hemos encontrado datos epidemiológicos sobre prevalencia de esta patología en niños ni en adolescentes, describiendo Ledoux²⁸² una prevalencia en adultos del 24,4%. El objetivo de analizar la movilidad de esta articulación, que normalmente no está estandarizada en los análisis de la postura, fue conocer el rango de movilidad normal a estas edades, debido al importante papel que juega esta 1AMTF del *hallux* en la deambulación, concretamente en su fase propulsiva, ya que la existencia de cualquier bloqueo en esta articulación, podría provocar reacciones tónicas “en cadena” en el plano sagital, obligando a otras articulaciones a compensar su déficit, para conseguir una dinámica de la marcha eficiente, tal como fue inicialmente descrito Perry et al¹⁷⁶, y posteriormente otros autores^{178,232}. Durante la marcha se requiere de esta articulación una movilidad mínima de FD que permita el despegue digital; si no se alcanza se producirán compensaciones, primero por las articulaciones más próximas como la AMT, luego la articulación subastragalina y la tibio-peroneo-astragalina, pudiendo ascender por toda la EI. Cuando a este bloqueo de la FD de la 1AMTF, se le une también el bloqueo de la FD de la articulación del tobillo, hecho que ocurre con bastante frecuencia debido a la alta prevalencia de acortamientos del tendón del TS, las compensaciones pueden afectar al funcionamiento de toda la cadena cinemática y cinética de la EI^{176,276,283}, pudiendo producir molestias y dolores en la articulación de la rodilla, cadera, sacroiliacas y columna, incluso alcanzar la región cervical y la articulación témporo-

mandibular, tal como lo describen algunos autores^{30,42,284}, que relacionan los bloqueos en el pie con cervicalgias y disfunciones de la articulación témporo-mandibular.

La prevalencia de esta patología en los niños fue baja (5%) pero se incrementó significativamente en los adolescentes, donde alcanzó el 34,4% ($p < 0,001$); es decir, algo más de un tercio de los adolescentes, sobre todo varones, mostraron alterada la movilidad del *hallux*. Además, hay que destacar la existencia de limitaciones graves (*Hallux rígidus*, considerado cuando el RDM de FD es inferior a 35°) en el 3,5% de los adolescentes varones. No hubo diferencias significativas por sexo en ningún grupo de edad, aunque se observó un predominio en los varones adolescentes. La escasez de estudios que valoren esta patología en población joven^{177,285}, puede ser debida a que esta articulación tiende a alterarse por procesos degenerativos, generalmente secundarios a microtraumatismos de repetición, manifestándose fundamentalmente en la edad adulta. Cuando aparece en población joven suele ser secundaria a anomalías estructurales congénitas, o estar asociada a determinados tipos de pies, como los pies planos e hiperpronados²⁸⁶, asociación que nosotros también hemos observado. Dadas las características subclínicas de esta patología y las grandes repercusiones funcionales que puede producir, sería muy recomendable planificar estudios dirigidos, que permitan establecer un diagnóstico precoz y preciso, para poder instaurar un tratamiento oportuno, con la finalidad de retrasar al máximo la cirugía que a la larga requerirá. La asociación significativa entre el bloqueo de la FD del *hallux* y del tobillo obtenida en nuestro estudio creemos que puede tener gran relevancia clínica y ambos deberían ser tenidos en cuenta como indicadores específicos de disfunción biomecánica de toda la EI. La asociación de equino de tobillo y limitación de la movilidad de la 1AMTF ha sido analizada en múltiples trabajos^{175,212,283,284} de forma que, ante un límite de la FD de la 1AMTF una de las primeras consecuencias es el requerimiento de una mayor FD del tobillo y si esto no es posible por la existencia del equino de tobillo, se producirá una mayor extensión de rodilla y de cadera, lo que influirá en la alineación sagital de la pelvis y columna lumbar¹⁷⁵. En sentido inverso, en la fase de apoyo medio de la marcha, cuando el cuerpo va a avanzar y la rodilla está en extensión, se requiere un mínimo de 10° de FD en la articulación del tobillo y si ésta está limitada, generalmente la articulación subastragalina, englobada en el complejo articular periastragalino, aportará los grados necesarios de FD mediante un exceso de pronación. Así, las implicaciones de las compensaciones ascendentes y descendentes pueden ser significativas en términos de estrés de tejidos blandos y en la alteración de toda la cinemática y cinética articular de la EI. En base a esto, pensamos que deberían ser considerados como factores de riesgo el dolor de espalda y su exploración debería hacerse de forma rutinaria en los jóvenes y ser incluida en los programas de prevención, muy especialmente en jóvenes deportistas.

Las EEII juegan un papel determinante en el análisis postural y éstas son estabilizadas por la función muscular³⁰. Como se ha comentado en la introducción, en el mantenimiento de la postura contribuyen muchos factores, jugando el componente sensorial un papel determinante, de forma que estímulos periféricos de cualquier naturaleza, van a ser capaces de provocar reacciones tónicas. Consideramos que sería importante conocer las características de elasticidad de los principales grupos musculares de las EEII de nuestros escolares. Son numerosos los trabajos que analizan la longitud de los músculos, pero no hemos encontrado estudios que relacionen acortamientos musculares y su implicación en el análisis postural global y en el dolor músculo-esquelético, entre dos poblaciones con diferente estado madurativo, donde las propiedades biomecánicas de los músculos son muy diferentes. A través de múltiples trabajos publicados²⁸⁷, se sabe que la presencia de puntos de tensión en distintas partes del cuerpo y las limitaciones del RDM de las articulaciones secundarias a acortamientos musculares, son causa frecuente de desalineaciones posturales en los niños. Los resultados de nuestro estudio mostraron diferencias significativas por edad y sexo en la flexibilidad de la columna, de forma que las mujeres mostraron mejor elasticidad de la columna que sus homólogos masculinos ($p < 0,001$), al mismo tiempo que la elasticidad mejoró con la edad, coincidiendo estos resultados con los publicados en la literatura^{226,234,288,289}. La menor elasticidad vertebral en los más pequeños, aún más marcada en los varones, podría ser explicado por las diferencias en los estadios de crecimiento óseo, de forma que la flexibilidad va incrementándose gradualmente desde los 12 años hasta la adolescencia⁸. Sin embargo, a pesar de que la flexibilidad mejora con la edad, en este trabajo se ha observado una importante disminución de la flexibilidad de la CV en los varones de 15 años, donde el 75% de ellos eran incapaces de tocar el suelo con los dedos de las manos, al realizar el test DDS. La limitación de la flexibilidad del raquis se asoció significativamente con el dolor en las EEII, en niños, pero no con el dolor de espalda, asociación que sí está descrita por Kovas et al¹⁹⁵, quienes consideran la flexibilidad del tronco como un fuerte indicador biológico de riesgo de lumbalgias no orgánicas en adolescentes. Este hecho debería tenerse en cuenta a la hora de diseñar medidas de intervención preventiva del dolor de espalda inespecífico en niños y adolescentes, ya que no existe evidencia en la literatura revisada de este tipo de intervención preventiva en jóvenes, mientras que sí hemos encontrado programas de ejercicios para mejorar la flexibilidad de la CV en adultos con lumbalgia²⁹⁰.

El análisis de la elasticidad muscular es otro punto importante no sólo porque es un factor de riesgo de dolor y lesión en el deporte, sino también por las implicaciones que tiene en la limitación del movimiento de las articulaciones involucradas. Valorar los acortamientos musculares en los jóvenes tiene interés ya que en estas fases del crecimiento existe mayor predisposición para su desarrollo, produciéndose

desequilibrios musculares, que si persisten podrían conducir a deformidades estructuradas^{291,292}. Globalmente podemos decir que tres cuartas partes de nuestra población más joven mostró buena elasticidad músculo-esquelética en todos los grupos musculares analizados, mientras que en los adolescentes esta situación se observó sólo en la mitad (76,8% frente al 53,2%).

El grupo muscular que mostró mayor prevalencia de acortamientos en ambos grupos de edad, fueron los músculos isquiopoplíteos (71% en 9 años frente al 79,6% en 15 años), notablemente superior a los resultados obtenidos por Santoja et al²⁹³, en población infantil nacional, donde se refleja una prevalencia de acortamientos del 29% en niños y del 8,9% en niñas; pero ligeramente inferiores a los obtenidos en jóvenes daneses que refieren acortamientos de este grupo de músculos en el 75% de niños y 35% de niñas mayores de 10 años²¹⁷. En nuestro trabajo no se evidenciaron diferencias significativas en función de la edad, aunque se observó una mayor presencia en los adolescentes, entre los cuales se registraron, además, los acortamientos más intensos. Sí se observaron diferencias significativas en función del sexo, siendo más frecuentes en los varones de ambos grupos de edad, lo que concuerda con lo publicado por Hands et al²⁹⁴, en su estudio realizado en adolescentes y en el trabajo de Youdas et al²⁹⁵, en una población de adultos sanos.

El acortamiento de los isquiopoplíteos se relacionó de forma muy significativa con una menor flexibilidad de la columna, en ambos grupos de edad, lo que coincide con otros trabajos publicados que estudiaron el efecto del acortamiento de este grupo muscular sobre la estabilidad de la pelvis^{291,296,297}, relacionándolo con una mayor retroversión pélvica, rectificación de la lordosis lumbar y dolores de espalda, tendencia que también hemos observado pero que no ha sido estadísticamente significativa. Excepto este grupo muscular que mostró una prevalencia semejante entre ambos grupos de edad, en los demás músculos analizados los acortamientos predominaron significativamente en el grupo de adolescentes. Brodersen et al²¹⁷, en su estudio pone de manifiesto una clara relación entre un mayor acortamiento de la musculatura posterior del muslo y el dolor de espalda en niños, de forma que los niños con un déficit en la extensión de rodilla superior a 40°, presentaban un incremento en la incidencia de dolor de espalda de un 15%. Aunque nuestros resultados no mostraron relación con el dolor de espalda, ni en otras articulaciones de la EI, atendiendo a esta asociación descrita en la literatura^{298,299} y a la elevada prevalencia de acortamientos que han mostrado nuestros escolares, consideramos que sería importante realizar ejercicios de estiramiento de los músculos isquiosurales, con el objetivo de mejorar su elasticidad y, secundariamente, la movilidad de la pelvis y de la columna lumbar.

Otro grupo muscular que mostró acortamientos importantes en los adolescentes fue el cuádriceps (56,7% del grupo de 15 años frente al 6,2% en 9 años),

significativamente más prevalentes en los varones y que en sus homólogas femeninas ($p=0,004$). Peeler et al³⁰⁰, valoraron la flexibilidad del cuádriceps en adultos sanos observando igualmente diferencias en su longitud en función del sexo, con un mayor predominio en varones. No es posible comparar la intensidad de los acortamientos en ambos estudios, ya que el método de cuantificación fue distinto. También se ha observado una relación entre retracción del cuádriceps y la disminución de la flexibilidad de la columna, en ambos grupos de edad, concordante con los resultados del trabajo publicado por Congdon et al²⁹¹.

La elevada prevalencia ya en la infancia de los acortamientos de los músculos agonistas y antagonistas del muslo, debería tenerse en cuenta a la hora de desarrollar programas de prevención de lesiones en la práctica deportiva, ya que son muchos los estudios³⁰¹⁻³⁰³, que relacionan la disminución en longitud de los numerosos músculos del muslo, así como sus desequilibrios, con lesiones en la rodilla, sobre todo en individuos con una actividad deportiva intensa, siendo considerados factores predictivos de riesgo de lesión de los ligamentos de la rodilla. Esto debe tenerse en cuenta especialmente en las mujeres, cuya vulnerabilidad para las lesiones ligamentosas de rodilla es mucho mayor^{302,303}. Además de ser factores predisponente de lesiones en las articulaciones de las EEII, los acortamientos musculares también se relacionan con dolor en extremidades y en la espalda²¹⁷.

Al analizar los acortamientos del TS de forma indirecta a través de la cuantificación goniométrica del movimiento de FD de la articulación del tobillo, nos encontramos con la dificultad inicial de establecer el límite del valor de RDM de la FD del tobillo considerado como normal a estas edades, para utilizarlo como referencia a la hora de hablar de acortamiento de este tendón. Son muchos los valores de RDM de FD del tobillo referidos como normales en la literatura: Tabrizi et al³⁰⁴, refiere resultados semejantes a los obtenidos en este trabajo, con valores medios en niños sanos de $12,8^\circ$, mientras que en niños con lesiones en el tobillo los valores obtenidos son más bajos ($5,7^\circ$), esto podría indicar que la limitación en la movilidad del tobillo puede ser un factor predisponente de lesiones. DiGiovanni et al^{305,306}, en su estudio en jóvenes deportistas encuentran valores de $13,5^\circ$, notablemente superiores; Baggett et al³⁰⁷, establecen unos valores de referencia de normalidad en adultos jóvenes que oscilan entre 0° y $16,5^\circ$ de FD. Otros autores³⁰⁸⁻³¹⁰ sugieren que valores inferiores a 10° de FD se podrían considerar equino de tobillo funcional ocasionando compensaciones subtalares en carga, como exceso de pronación durante la marcha y disfunciones cinemáticas y cinéticas, e incluso dolores de espalda³⁰⁸. Tomando éste último valor como referencia para el análisis de las retracciones del TS por las repercusiones dinámicas con las que se relaciona, hemos observado una prevalencia de acortamientos del TS del 25,3% en la muestra total, valores notablemente inferiores a los publicados

por DiGiovanni et al³⁰⁶, que refieren acortamientos en población joven del 44% para restricciones de la FD entre 5º y 10º, y del 24% para retracciones mayores. Se obtuvieron diferencias significativas por edad (14,4% en el grupo de 9 años frente al 43,3% en el de 15 años, $p < 0,001$) y por sexo en el grupo de adolescentes, predominando en los varones los cuales presentaron, además, los acortamientos más importantes.

Saxena et al³¹⁰, relaciona la disminución de la FD de tobillo con una excesiva práctica deportiva, asociación que también hemos observado, concretamente en los escolares que realizaban deporte de forma más intensa. En nuestro trabajo hemos observado una asociación entre el acortamiento del tendón del TS y el dolor de espalda, pero no se obtuvo relación con el dolor en los pies ni a lo largo de la EI. Sin embargo, muchos estudios sí relacionan estos acortamientos con el dolor en las EEII^{305,306,309,311}, así en el trabajo de Bowers et al³¹², lo relacionan con el dolor en el pie, atribuyéndolo al incremento de las presiones plantares que se generan en antepié y mediopié, secundarias al límite de la FD de tobillo; y a las repercusiones en la cadena cinemática de toda la EI, pudiendo ser factor causal de dolor en rodillas, caderas, sacroiliacas y espalda. Aunque nosotros no hemos podido establecer una relación clara en este sentido, creemos que debería incluirse como indicador de riesgo de dolor musculoesquelético no específico en jóvenes, y planificar ejercicios de estiramiento del grupo muscular completo para actuar preventivamente.

Otro hallazgo obtenido en este trabajo que puede tener relevancia clínica es la asociación significativa entre disminución de la movilidad del *hallux* y el acortamiento del músculo psoasílico, observada sólo en el grupo de 9 años ($p < 0,001$), relación difícil de explicar debido a la escasa prevalencia de acortamientos del psoas obtenida (1,2% en 9 años frente al 7,6% en 15 años). Esta relación no la hemos encontrado reflejada en la bibliografía consultada pero, debido a que ambos se relacionaron significativamente con el dolor músculo-esquelético de los escolares, consideramos que sería importante realizar estudios prospectivos controlados que permitan determinar la existencia de una relación de causalidad, la cual no puede ser establecida con el presente estudio, dado su carácter descriptivo.

En nuestro trabajo hemos observado, sólo en el grupo de adolescentes, una relación entre acortamientos musculares y práctica deportiva; asociación reflejada en otros estudios²⁹² y atribuida generalmente a un déficit de estiramiento efectivo post-ejercicio, sin embargo éstos no se han relacionado con el estilo de vida más sedentario, asociación que sí ha sido descrita por Galley³¹³ y que lo atribuye a la sustitución de tejido muscular por conectivo que se produce por la inactividad.

Como conclusión del análisis de la elasticidad muscular, podríamos afirmar que en la población analizada los varones, independientemente de su edad, se mostraron

más rígidos que las mujeres, conclusión alcanzada también en otros estudios^{23,292,295,304,310,312,314-316}; y que los acortamientos musculares predominaron significativamente en los adolescentes, especialmente en varones, lo que coincide también con los resultados de otros trabajos publicados^{23,314,315}, los cuales lo relacionan con la práctica deportiva o el sedentarismo, asociación ésta última no observada en nuestro trabajo. La mayor prevalencia en varones adolescentes podría explicarse también por el importante desarrollo muscular que experimentan éstos frente a los prepúberes³¹⁷.

Dado que parece que la movilidad de la columna y el desequilibrio muscular podrían ser considerados como indicadores biológicos de riesgo de dolor de espalda recurrente e inespecífico en adolescentes y niños²³³, se debe tener en cuenta el potencial rol de los programas de ejercicio como estrategias de prevención primaria y de actuaciones secundarias. Estrategias que no deberían centrarse exclusivamente en la mejora de la flexibilidad y movilidad de la CV, sino que también sería recomendable que fuesen acompañadas de ejercicios de fortalecimiento de la musculatura del tronco^{8,10}, ya que los desequilibrios musculares también se presentan como un potencial indicador de riesgo de dolor de espalda inespecífico en jóvenes²³³. Es importante tener presente que muchas de las limitaciones de la movilidad y flexibilidad a estas edades, puede ser consecuencia normal del crecimiento, tal como señala Burton et al³¹⁸, por lo que a la hora de desarrollar y aplicar programas de ejercicios de estiramiento y fortalecimiento en niños y adolescentes, es necesario valorar adecuadamente el desarrollo de la estabilidad funcional de su sistema músculo-esquelético, ya que un ejercicio físico inadecuado durante el periodo de crecimiento puede producir malas adaptaciones (especialmente en aquellos niños con retraso en su desarrollo biológico), y una reducción en la tolerancia al ejercicio físico. Además creemos que, desde el punto de vista de la prevención de las disfunciones tempranas del aparato locomotor, se debe tener especial cuidado en la planificación de la actividad física en la escuela, pero también en las actividades realizadas en el tiempo libre.

La epidemiología clínica nos enseña lo difícil que es intentar establecer fronteras que delimiten lo normal de lo patológico, y este axioma no podía ser diferente a la hora de delimitar la buena o mala postura, de forma que llegados a un punto concreto del análisis de los resultados de este trabajo, nos preguntamos si podríamos encontrar alguna forma de diferenciar el concepto "estructural" de "postura ideal", que representa la alineación correcta de cada uno de los segmentos corporales que integran el análisis postural, con el concepto "funcional" de "buena postura", cuando sin ser perfecta no se relaciona con ningún grado de disfunción músculo-esquelética, es decir, con el dolor. Es necesario señalar que partimos de un importante grado de arbitrariedad cuando se

escoge el punto de corte a partir del cual un niño es calificado como “normal” o “anormal”, en relación a la alineación de sus segmentos corporales. Sin dejar de lado esta consideración, hemos analizado en nuestra población la “postura ideal” de una forma global, valorando cuántos de nuestros escolares mostraban todos o ningún segmento desalineado, tanto en el plano frontal como sagital, y lo hemos relacionado con la presencia de factores potencialmente desestabilizadores de la postura, como la mochila mal colocada, con exceso de peso y/o durante mucho tiempo, la intensidad del deporte o el sedentarismo. También hemos analizado si una mayor desalineación global en cada plano podría mostrar consecuencias clínicas como el dolor musculoesquelético.

El análisis se realizó separadamente por grupos de edad, dadas las diferencias debidas al crecimiento. Hemos observado que la postura “ideal” fue más frecuente en el plano sagital que en el frontal, en ambos grupos de edad (16,2% en el plano sagital frente al 6,6% en el plano frontal, en el grupo de 9 años; 19,7% en el plano sagital frente al 5,7% en el plano frontal, en el grupo de 15 años).

En el plano frontal ningún escolar de 9 años mostró alterados todos los segmentos analizados, mientras que sí mostraron mal todos los segmentos de este plano el 3,2% de los adolescentes. Sin embargo, en el plano sagital ningún adolescente mostró alterados todos los segmentos analizados, mientras que un 3,5% de los niños de 9 años sí los mostraron. Esto sugiere que los defectos posturales en el plano frontal son más frecuentes y empeoran con la edad, mientras que los del plano sagital son menos frecuentes y mejoran con la edad.

Realizando el mismo análisis para determinar la elasticidad global de todos los músculos analizados y la flexibilidad de la CV, se observó que el 18,9% de los escolares de 9 años mostraba todas las variables de elasticidad analizadas dentro de la normalidad, frente al 5,7% del grupo de 15 años. Estos datos sugieren que la buena elasticidad es igualmente dependiente de la edad, disminuyendo con el crecimiento, situación reflejada en la literatura^{226,234,287,288,318}. No hubo ningún escolar que mostrase mal todos los parámetros de elasticidad en el grupo de 9 años, circunstancia que sí se observó en el 1,3% de los adolescentes.

Al analizar la influencia de factores de riesgo, como el uso incorrecto de la mochila, la práctica de deporte o el sedentarismo, sobre el análisis postural global en ambos planos y la elasticidad global, observamos que en el plano frontal sólo la mochila incorrecta influyó negativamente en la mayor desalineación global; mientras que la única variable que parece influir negativamente en la desalineación global del plano sagital es la práctica de deporte extraescolar. En el análisis global de la elasticidad observamos que influyó negativamente el sexo masculino, ya que los varones mostraron peores valores de elasticidad global y el sedentarismo, pero sólo en el grupo

de 9 años. Esta relación elasticidad-flexibilidad y sedentarismo ya ha sido descrita por Galley³¹³, quien lo atribuye a modificaciones estructurales del tejido conectivo.

De este análisis global, cabe destacar que presentar una postura globalmente más alterada, en ambos planos, y con peor elasticidad, no se relacionó significativamente con el dolor músculo-esquelético, sin embargo en el análisis univariante, los acortamientos musculares del psoas, cuádriceps y TS, sí se relacionaron significativamente con el dolor de espalda, pero no con el dolor en las EEII. Esta relación entre mala elasticidad músculo-esquelética y presencia de dolor músculo-esquelético, puede ser una llamada de atención para los profesionales de educación física, de forma que centren su atención en el desarrollo e implementación de planes de mejora de la flexibilidad en el escenario escolar, esforzándose por enseñar desde edades tan tempranas, la importancia de realizar estiramientos, y de ejecutarlos correctamente para que sean realmente efectivos, como una medida de intervención precoz del dolor musculoesquelético inespecífico en la infancia y adolescencia.

El hecho de que podamos tener defectos posturales y no presentar ningún síndrome de disfunción músculo-esquelética, sobre todo a estas edades tan tempranas, se desprende fácilmente de este estudio, por lo que otro de nuestros objetivos fue analizar detenidamente las características del dolor músculo-esquelético inespecífico presentes a estas edades, para poder diseñar estrategias de prevención eficientes, ya que cualquier disfunción o molestia a estas edades tan tempranas podría favorecer su perpetuación en la vida adulta.

En población adulta el dolor de espalda representa un problema de salud muy serio en términos económicos, ya que supone un elevado gasto socio-sanitario en absentismo e incapacidad laboral. Afortunadamente, hoy en día también se empieza a tomar conciencia de que este problema está presente ya en los más jóvenes, sobre todo en los adolescentes. Además, es importante tener en cuenta que la presencia de dolor de espalda en el niño es considerado un fuerte indicador de riesgo de aparición y de perpetuación del mismo en la edad adulta¹⁹⁶. Algún trabajo publicado²¹⁶ estima que el 50% de los niños sufren dolor lumbar, una prevalencia mucho mayor que la obtenida en nuestra serie donde sólo el 16,3% de los escolares referían dolor en espalda. Ésta prevalencia concuerda con los resultados del estudio de Watson⁶⁸ realizado en niños ingleses entre 11 y 14 años, con una prevalencia de lumbalgias del 24%. Bockowski et al¹⁸³, sitúan la edad de comienzo de los síntomas del dolor lumbar en los 14,7 años, con mayor prevalencia en mujeres que en varones, lo que coincide con nuestros resultados.

El dolor de espalda se incrementó significativamente en los adolescentes (32,4% frente a 67,6%; $p < 0,001$). Este incremento del dolor con la edad está en concordancia con otros estudios que refieren una baja incidencia del dolor de espalda en población

infantil, estableciendo prevalencias del 1% en menores de 7 años²⁰² y estimando el comienzo del dolor músculo-esquelético alrededor de los 10 años, con un aumento gradual en los adolescentes. Mierau³¹⁹ en su estudio establece que el dolor lumbar se incrementa desde un 23% en niños de 6–13 años hasta un 33% en aquellos con edades entre 14 y 18 años. En este sentido, Olsen et al³²⁰, observó que la prevalencia del dolor de espalda se duplicaba desde los 13 años hasta la adolescencia. En el trabajo de Salminen³²¹ el dolor de espalda mostró diferencias por sexo, con predominio en mujeres, resultado que no hemos observado, aunque hubo un ligero predominio en las adolescentes sobre sus homólogos varones, lo cual podría relacionarse con la mayor movilidad y flexibilidad de la columna lumbar que presentan las mujeres, relación que ha sido reflejada también por Kujala et al²³⁴ y Lakke et al³²², como factor predictivo de dolor lumbar inespecífico en mujeres adolescentes, junto al sobrepeso. Ninguna de estas asociaciones se ha observado en las adolescentes analizadas en nuestro estudio. En el grupo de 9 años, el dolor de espalda se ha asociado significativamente a una mayor hiperlordosis lumbar, situación descrita en varios trabajos previos³²³⁻³²⁵. Esta asociación no se ha observado en el grupo de 15 años. La localización predominante del dolor de espalda en nuestra muestra fue en la región lumbar, en ambos grupos de edad y en ambos sexos. La lumbalgia es una dolencia muy común en adultos, constituyendo la primera causa de absentismo laboral, y generadora de elevados gastos en salud^{195,199}, por lo que su presencia a estas edades tan tempranas debe ser objeto de atención, planificando intervenciones efectivas para su prevención desde la infancia.

A pesar de la existencia de múltiples estudios que relacionan el dolor de espalda con el peso de las mochilas de los escolares^{65,185,186,193}, en este trabajo no se ha encontrado ninguna asociación significativa, esto podría ser debido a la dificultad que hemos tenido para el cálculo del peso de material recomendado en la literatura^{87,321,324,326}, ya que en el cuestionario enviado a los padres se preguntaba acerca del número de libros que transportaba el niño cada día y esto, obviamente, no nos permitió el cálculo exacto del peso. En la población de 9 años, si se ha observado una relación entre el tiempo de transporte y el dolor de espalda, fundamentalmente en el cuello, por lo cual pensamos sería necesario planificar estudios dirigidos a determinar con mayor precisión, la repercusión que puede tener la colocación incorrecta y el tiempo de transporte de la misma, sobre el dolor y en el desajuste postural.

Aunque los tratados de ortopedia infantil establecen que los dolores en las EEII, rodilla, tobillo y pies, suponen un problema muy común en niños por debajo de los 10 años^{186,217,327}, en nuestro estudio su prevalencia fue baja (6,7% en niños frente a 11,5% en adolescentes), pero en concordancia con la referida por Bowyer et al³²⁸, que estima la frecuencia de consultas pediátricas por dolor en las EEII en el 7%. Otros autores obtienen prevalencias más altas (11,5%)^{154,329,330}, con mayor incidencia en

mujeres que en varones. Nuestros resultados no mostraron diferencias por edad ni por sexo. En la literatura^{311,331} el dolor de las piernas se relaciona con una mayor actividad deportiva y con el sexo femenino, debido a la mayor vulnerabilidad que presentan las mujeres por su mayor movilidad en ROTI de la cadera y mayor del *genu valgo*^{115,119,123,125-128}, sin embargo, en nuestra serie no se han visto estas asociaciones. A diferencia de los estudios de Willens^{87,332}, el dolor en las EEII no se ha relacionado con el dolor de espalda, desalineaciones de las EEII, ni con la flexibilidad muscular; todos ellos considerados factores de riesgo que, según Jones^{290,333}, facilitarían la persistencia de los síntomas en el tiempo.

Aunque, indudablemente, conocer las características posturales que presentan nuestra población joven tiene interés, lo realmente importante sería poder establecer alguna relación causal entre los defectos posturales y presencia de factores desestabilizantes de la postura, en relación al dolor músculo-esquelético inespecífico que presenta nuestra población, pero esto no es posible por tratarse de un estudio descriptivo observacional y también por la baja prevalencia del dolor (16,3%) que hemos obtenido en este trabajo. Sin embargo, hemos intentado 'explorar' las relaciones de este síntoma con las múltiples variables analizadas, utilizando modelos matemáticos que nos ayuden a identificar posibles determinantes de riesgo de dolor de espalda, ya que no se ha podido establecer relaciones muy claras en el análisis univariante con los factores de riesgo analizados, como la mochila, la intensidad de deporte o el sedentarismo.

Para ello hemos utilizado el método de análisis de conglomerados con el objetivo de reducir los datos dividiendo la población en subgrupos, más pequeños y por lo tanto más manejables a la hora de analizar las características que comparten los individuos que los conforman. Las interpretaciones de este análisis no tienen valor predictivo, pero sí tienen una gran utilidad exploratoria. Hay que tener en cuenta que en este tipo de análisis las agrupaciones obtenidas no son las únicas posibles, y que queda a la elección del analista la selección de los grupos, o cluster, que mejor integren las tendencias observadas en el análisis univariante a la hora de explicar las posibles relaciones del dolor músculo-esquelético de nuestra población; de forma que los resultados de este análisis se han tomado como base para la elaboración de algunas teorías que expliquen el comportamiento del dolor.

Al observar el dendrograma, representación gráfica del análisis de conglomerados, vemos como de todas las variables introducidas para la exploración de los defectos posturales, tanto en el plano frontal como sagital, y los factores considerados como factores de riesgo de desalineación y dolor; como es la mochila incorrecta, la práctica de ejercicio y los estilos de vida más sedentarios, no se

encontraron englobados dentro del cluster del dolor, sino que las variables más próximas al dolor fueron las desviaciones de la rodilla en el plano sagital, la limitación de la movilidad del *hallux* y el acortamiento del *psoas*, en un primer cluster, reflejando una mayor proximidad entre ellas, para luego unirse a éste clúster otro subgrupo que incluye el acortamiento de los músculos cuádriceps, gemelos y la edad, relación que se mostró estadísticamente significativa en el análisis univariante. Aunque *a priori* resulte difícil explicar la relación que puede existir entre el bloqueo de la 1AMTF y el dolor musculoesquelético de nuestra población, esta asociación ya ha sido descrita en la literatura^{176,177,276,283,334}. Estos autores sugieren que la presencia de *hallux limitus* constituye el último bloqueo, o el primero según se mire, en el plano sagital que repercutirá en toda la biomecánica de la EI durante la deambulaci3n, relacionándose con importantes anomalías de la marcha, ya que se sabe que los requerimientos biomecánicos durante la deambulaci3n son hasta 5 veces superiores en el plano sagital que en el plano frontal o transversal, de forma que cualquier bloqueo, o más aún la suma de bloqueos en los tres *rockers* de tobillo-pie descritos por Perry¹⁷⁶, aunque sean de pequeña magnitud, producirán anomalías consistentes durante la deambulaci3n, como un incremento de la pronaci3n de la articulaci3n subtalar, AMT, elevaci3n prematura de tal3n, hiperextensi3n de rodilla, limitaci3n de la extensi3n de cadera, afectando tambi3n en la articulaci3n sacroiliaca, y ascendiendo a la largo de toda la columna, relacionándose en algunos trabajos^{176,257,276,284,335} con cervicalgias persistentes y disfunciones de la articulaci3n t3moro-mandibular^{30,336}. Estas asociaciones fueron observadas en poblaci3n adulta, y no existe constancia en la literatura revisada para este trabajo de la presencia de estas limitaciones en poblaci3n joven; de forma que nuestros resultados nos podrían estar indicando que estas disfunciones puede tener su origen en la infancia³¹¹. Así pues, podríamos decir que las limitaciones en la movilidad articular, incluso aquellas tan distales como la limitaci3n de la FD de la 1AMTF del pie, junto a los acortamientos musculares son las variables que se encuentran más próximas o relacionadas con el dolor que presentan los escolares de este estudio; y no los defectos posturales, la carga del material escolar, la pr3ctica de deporte intenso o el sedentarismo. Mediante el análisis de regresión logística entre las variables más próximas al dolor (acortamiento del *psoas*, cuádriceps, TS, y bloqueo de la 1AMTF), se ha podido determinar que las que influyen en el dolor son el bloqueo de la movilidad en FD de la 1AMTF del pie y acortamiento del cuádriceps, de forma que la presencia de estos factores duplica el riesgo de los escolares de sufrir dolor musculoesquelético inespecífico. A pesar de la clara relaci3n entre estas variables, no se puede establecer una relaci3n de causalidad con el dolor, dado que este modelo matemático no permite establecer esa asunci3n.

Cabe destacar que la variable que se mostró más distante y que no se incluyó dentro de ningún cluster fue mochila incorrecta, probablemente este dato no refleje la realidad, debido a la dificultad para determinar el peso real que llevan los escolares, y a la veracidad sobre la forma de colocarla, ya que las madres que han contestado el cuestionario, conocían cómo estaba la mochila cuando sus hijos salían de casa, pero no podemos determinar cuánto tiempo la mantuvieron así. Aunque son muchos los trabajos^{63,64,224,337,338} que tratan de relacionar malas posturas con el peso de las mochilas, en nuestros resultados sólo se ha visto una asociación entre el peso de las mochilas y el desequilibrio de los hombros y de la cabeza, segmentos que mostraron tendencia a proyectarse hacia adelante, en ambos grupos de edad. También hemos observado una relación significativa entre el dolor de espalda y el mayor tiempo de carga de la mochila en los adolescentes, concretamente en las mujeres, tiempo que fue significativamente mayor que en los niños de 9 años. Queda por determinar el papel que pueden jugar los defectos posturales en la génesis del dolor, con el tiempo. Este tipo de análisis exploratorio nos informa de la relaciones entre las variables analizadas, situando al dolor junto a otras características clínicas que podrían ser utilizadas como base para planificar estudios prospectivos controlados, diseñados para establecer relaciones de causalidad claras y poder desarrollar estrategias preventivas eficaces y precoces.

Serían necesarios más estudios para establecer la relación entre los defectos posturales y el dolor músculo-esquelético inespecífico en estas edades, ya que resulta obvia la importancia de detectar problemas de dolor de espalda en la infancia para poder aplicar intervenciones de prevención que ayuden a impedir que se perpetúe en la edad adulta, dada su gran repercusión socio-sanitaria, como se desprende de estudios realizados en la población española^{339,340}, donde se estimó la prevalencia de lumbalgia puntual en un 14,8% y de lumbalgia crónica en el 44,8%; con un gasto público equivalente al 1,7-2,7% del PIB^{195,199}, es decir, alrededor de seis mil millones de euros al año, siendo la primera causa de invalidez en individuos con edades inferiores a los 45 años. Un estudio comparativo realizado en los EEUU, indicó que los gastos anuales per cápita de salud y discapacidad por lumbalgias eran comparables a los producidos por la cardiopatía y la diabetes³⁴¹. El desafío es determinar si actuaciones precoces en edades tempranas podrían cambiar la trayectoria del cuadro sintomático en edades más avanzadas.

Creemos que la relevancia de este estudio se centra en el número elevado de escolares sanos analizados, niños y adolescentes, cuyos resultados podrían utilizarse como referencia de normalidad y anormalidad postural y ser utilizados, no sólo en el diagnóstico, evaluación y en el pronóstico de las disfunciones del aparato locomotor, sino también como ayuda en la toma de decisiones terapéuticas, basándose en el simple

análisis observacional de las deformidades posicionales en niños en desarrollo y su evolución con el crecimiento. Además, tal como destacan Lilienfeld y Lilienfeld³⁴², las informaciones obtenidas de estudios epidemiológicos de población sirven de base para prácticas de salud pública y evaluación de procedimientos preventivos, estimando que los programas de educación para la salud deberían preceder al inicio de la adquisición de posturas insanas, debiendo ser multifactoriales y estar dotados de la suficiente flexibilidad para adaptarse a las peculiaridades de cada estadio de desarrollo y características individuales.

Por último, resaltar que son pocos los individuos que presentan la postura ideal preconizada en los libros⁸, por lo tanto es importante no relacionar automáticamente las desviaciones sobre este patrón ideal con alteraciones funcionales, ya que el alineamiento perfecto no es frecuente, ni siquiera en las personas sin molestias ni dolores. En la misma línea que otros muchos autores²⁶, pensamos que es necesario continuar avanzando en el estudio de la postura ortostática de niños y adolescentes, como herramienta clínica útil para identificar disfunciones músculo-esqueléticas durante el proceso de desarrollo, y poder adoptar medidas preventivas eficaces ya que, como advertía el gran maestro Hipócrates hace ya casi 20 siglos *"Si existiese de antemano en el cuerpo alguna parte dolorida, allí fijará su asiento la enfermedad"*...

Y este, es un objetivo importante a evitar...

Conclusiones

Azar es una palabra vacía de sentido, nada puede existir sin causa.

Voltaire (1694-1778)
Filósofo y escritor francés

1. El patrón postural de los escolares de 9 y 15 años varía con la edad, incrementándose las desalineaciones de cabeza, hombros, columna frontal, pelvis frontal, *genus* frontales y la limitación de la movilidad de la primera articulación metatarsofalángica del pie, en el grupo de 15 años; mientras que las alteraciones en la posición de la pelvis sagital, de los talones y la flexibilidad del tronco, mejoraron con el crecimiento. Igualmente, se observó una mayor frecuencia de acortamientos de los músculos psoas, cuádriceps y tríceps sural, de uso de mochilas inadecuadas, de sedentarismo y una mayor prevalencia de dolor músculo-esquelético inespecífico, en el grupo de mayor edad.
2. En el grupo de 9 años se han observado diferencias en el patrón postural dependientes del sexo, principalmente en la posición de las escápulas, columna dorsal, flexibilidad de la columna, y elasticidad de los músculos isquiosurales, que se mostraron más alterados en los varones, mientras que las alteraciones en la movilidad de las rotaciones de cadera, las mochilas con características inadecuadas y el sedentarismo, predominaron en la mujeres.
3. En el grupo de 15 años no se evidenciaron diferencias entre ambos sexos en ningún parámetro postural, pero si se observaron diferencias en la flexibilidad de la columna vertebral y en la elasticidad de los músculos cuádriceps, isquiosurales y tríceps sural, que se mostraron más alterados en los varones, mientras que las alteraciones de la movilidad de las rotaciones de cadera, las mochilas con características inadecuadas y el sedentarismo, predominaron en la mujeres. La práctica de deporte fue más frecuente en los varones de ambos grupos de edad.
4. El análisis global de las desalineaciones de los segmentos corporales en el plano frontal mostró que éstas se incrementan con la edad y que el único factor que influyó negativamente en su equilibrio es el uso de mochilas incorrectas, en ambos grupos de edad.
5. El análisis global de las desalineaciones de los segmentos corporales del plano sagital evidenció una dependencia con la edad pero en sentido inverso, es decir, su desequilibrio fue menor en grupo de mayor edad. El único factor que influyó negativamente en su equilibrio es la práctica de deporte extraescolar.
6. Al realizar el análisis global de la elasticidad-flexibilidad se observó un grado mayor de alteración de estos parámetros con la edad. Además, se determinó que la elasticidad global estaba influida negativamente por el sexo masculino y por el sedentarismo.

7. La limitación del movimiento de flexión dorsal de la articulación metatarsofalángica del *hallux* mostró una prevalencia alta en el grupo de adolescentes y se relacionó de forma significativa con el dolor músculo-esquelético inespecífico.
8. El dolor de espalda se relacionó en el grupo de 9 años con la hiperlordosis lumbar y el tiempo de carga de la mochila.
9. El dolor músculo-esquelético no se relacionó con una mayor deficiencia postural global, en ambos planos, ni con factores potencialmente desestabilizadores como la mochila incorrecta, el deporte o el sedentarismo.
7. En el análisis clúster, el dolor músculo-esquelético se relacionó con la edad, el bloqueo en la movilidad del *hallux*, el acortamiento del psoas, del cuádriceps y del tríceps sural.
8. Los escolares con acortamiento de cuádriceps tienen un riesgo dos veces mayor de presentar dolor músculo-esquelético, al igual que los escolares con limitación del *hallux*, por lo que éstos factores podrían ser considerados como nuevos indicadores biológicos de dolor músculo-esquelético inespecífico en población joven.

RESUMEN DE LAS CONTRIBUCIONES DE ESTE TRABAJO

En este estudio se ha caracterizado el patrón postural de escolares de 9 y 15 años, con diferentes estadios madurativos.

Se ha descrito la relación entre las alteraciones posturales y la presencia de factores de riesgo como la colocación, peso y tiempo de transporte de la mochila, la actividad física y sedentarismo.

Se ha establecido la relación entre el dolor músculo-esquelético inespecífico y los determinantes clínicos del síndrome de deficiencia postural, en niños y adolescentes.

Se ha determinado la prevalencia de limitaciones del movimiento de flexión dorsal del primer dedo del pie en niños y adolescentes, no reflejadas hasta ahora en la literatura en población tan joven.

INVESTIGACIÓN FUTURA

Se han identificado cuatro características patológicas relacionadas con el dolor músculo-esquelético inespecífico: (1) la limitación en el movimiento de flexión dorsal de la articulación metatarsofalángica del *hallux*, (2) el acortamiento del cuádriceps, (3) acortamiento del psoas y (4) el acortamiento del tríceps sural. Estos hallazgos requieren la realización de estudios prospectivos para determinar su valor real como factores de riesgo en la génesis del dolor músculo-esquelético en población joven.

Bibliografía

El Arte es «yo»; la Ciencia es «nosotros».

*Claude Bernard (1813-1878)
Fisiólogo francés*

1. Bricot B. Postura normal y posturas patológicas [artículo en línea]. Revista IPP; Año 2, Número 3. Abril-Mayo 2009. ISSN 1988-8198 [Consulta: 8 dic 2009] Disponible en World Wide Web: http://www.ub.edu/revistaipp/bricot_n3.pdf
2. Miralles RC, Miralles I. Biomecánica Clínica de los tejidos y las articulaciones. Barcelona: Masson; 2005.
3. Committee of the American Academy of Orthopaedic Surgeons. Posture and its Relationship to Orthopedic disabilities. A report of the Posture 1947:1.
4. Velez MK. Posturología Clínica en la Evaluación de los Riesgos Individuales. VII Congreso Internacional de Ergonomía Monterrey. México. 2005.
5. Doménech G, Fernández-Villacañas M, Moreno M. Anatomía Funcional de la postura erecta. Jano 1996; 44-49.
6. Mesure S. Postura, equilibrio y locomoción: bases neurofisiológicas. En: Viel E, coord. La marcha humana, la carrera y el salto. Barcelona: Masson; 2002. p. 75-99.
Ref Type: Serial (Book, Monograph)
7. Basmajian J, Peluca D. Músculos Alive. 5ª Ed. Baltimore: Williams & Williams; 1985. p. 255-414.
Ref Type: Serial (Book, Monograph)
8. Kendall FP, Kendall E, Geise P, McIntyre M, Anthony W. Músculos, Pruebas Funcionales. Postura y Dolor. Madrid: Marban; 2007.
9. Fedorak C, Ashworth N, Marshall J, Paull H. Reliability of the visual assessment of cervical and lumbar lordosis: how good are we? Spine 2003; 28: 1857-1859.
10. Magee DJ. Orthopedic Physical Assessment. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2006.
11. Basso AC, Goncalves G, Goncalves A. Evaluación de la postura a partir de la perspectiva de la epidemiología: ¿hasta qué punto atenerse a recomendaciones? Rev Iberoam Fisioter Kinesiol 2004; 7: 13-21.
12. Tuzun C, Yorulmaz I, Cindas A, Vatan S. Low back pain and posture. Clin Rheumatol 1999; 18: 308-312.
13. Fialka-Moser V, Uher EM, Lack W. Postural disorders in children and adolescents. Wien Med Wochenschr 1994; 144: 577-592.
14. Bryan J, Mosner E, Shippee R, Stull M. Investigation of validity of postural evaluation skills in assessing lumbar lordosis using photographs of clothed subjects. J Orthop Sports Physic Ther 1990; 12: 24-29.
15. Viladot R, Cohi O, Clavell S. Ortesis y Prótesis del Aparato Locomotor. Columna Vertebral. Barcelona: Masson; 1990.
16. Vleeming A. Movement stability and low back pain. The essential role of the pelvis. New York: Churchill Livingstone; 1997.

17. Quintana E, Martín AM, Barbero FJ, Méndez R, Rubens J, Calvo JI. Relación entre la postura sedente y el mobiliario utilizado por una población escolar. *Rev Iberoam Fisioter Kinesol* 2004; 7: 22-34.
18. Castelluci I, Gonçalves MA, Arezes P. Consideraciones Ergonómicas de las Salas de Clases en Escuelas Portuguesas de Primer Ciclo. *Ciencia y Trabajo* 2009; 11: 184-187.
19. Buschang PH. Differential long bone growth of children between two months and eleven years of age. *Am J Phys Anthropol* 1982; 58: 291-295.
20. Nissinen M. Spinal posture during pubertal growth. *Acta Paediatr* 1995; 84: 308-312.
21. Nissinen MJ, Heliovaara MM, Seitsamo JT, Kononen MH, Hurmerinta KA, Poussa MS. Development of trunk asymmetry in a cohort of children ages 11 to 22 years. *Spine* 2000; 25: 570-574.
22. Einkauf DK, Gohdes ML, Jensen GM, Jewell MJ. Changes in spinal mobility with increasing age in women. *Phys Ther* 1987; 67: 370-375.
23. Cornbleet SL, Woolsey NB. Assessment of hamstring muscle length in school-aged children using the sit-and-reach test and the inclinometer measure of hip joint angle. *Phys Ther* 1996; 76: 850-855.
24. Daza J. Evaluación Clínico-Funcional del movimiento corporal humano. Bogotá: Panamericana; 2007.
25. Serge M. Postura, equilibrio y locomoción. En: *La Marcha Humana, la Carrera y el Salto*. Barcelona: Masson; 2002. p. 75-100.
26. Lafond D, Descarreaux M, Normand MC, Harrison DE. Postural development in school children: a cross-sectional study. *Chiropr Osteopat* 2007; 15:11.
27. Horak FB, Henry SM, Shumway-Cook. A Postural perturbations: new insights for treatment of balance disorders. *Phys Ther* 1997; 77: 517-533.
28. Vaugoyeau M, Viel S, Amblard B, Azulay JP, Assaiante C. Proprioceptive contribution of postural control as assessed from very slow oscillations of the support in healthy humans. *Gait Posture* 2008; 27: 294-302.
29. Massion J, Alexandrov A, Frolov A. Why and how are posture and movement coordinated? *Prog Brain Res* 2004; 143: 13-27.
30. Gagey PM, Weber B. Posturología. Regulación y alteraciones de la bipedestación. Barcelona: Masson; 2001.
31. Assaiante C, Mallau S, Viel S, Jover M, Schmitz C. Development of postural control in healthy children: a functional approach. *Neural Plast* 2005; 12: 109-118.
32. Assaiante C, Woollacott M, Amblard B. Development of postural adjustment during gait initiation: kinematic and EMG analysis. *J Mot Behav* 2000; 32: 211-226.
33. Kubo M, Ulrich B. Coordination of pelvis-HAT (head, arms and trunk) in anterior-posterior and medio-lateral directions during treadmill gait in

- preadolescents with/without Down syndrome. *Gait Posture* 2006; 23: 512-518.
34. Assaiante C, Thomachot B, Aurenty R. Hip stabilization and lateral balance control in toddlers during the first four months of autonomous walking. *Neuroreport* 1993; 4: 875-878.
 35. Nashner LM, Shupert CL, Horak FB. Head-trunk movement coordination in the standing posture. *Prog Brain Res* 1988; 76: 243-51.
 36. Sveistrup H, Schneiberg S, McKinley PA, McFadyen BJ, Levin MF. Head, arm and trunk coordination during reaching in children. *Exp Brain Res* 2008; 188: 237-247.
 37. Büschges A. Sensory control and organization of neural networks mediating coordination of multisegmental organs for locomotion. *J Neurophysiol* 2005; 93: 1127-1135.
 38. Pigeon P, Bortolami SB, DiZio P, Lackner JR. Coordinated turn-and-reach movements. II. Planning in an external frame of reference. *J Neurophysiol* 2003; 89: 290-303.
 39. Pigeon P, Bortolami SB, DiZio P, Lackner JR. Coordinated turn-and-reach movements. I. Anticipatory compensation for self-generated coriolis and interaction torques. *J Neurophysiol* 2003; 89: 276-289.
 40. Isableu B, Ohlmann T, Cremieux J, Amblard B. Differential approach to strategies of segmental stabilisation in postural control. *Exp Brain Res* 2003; 150: 208-221.
 41. Chicharro JL, Fernández-Vaquero A. *Fisiología del ejercicio*. Madrid: Médica Panamericana; 2006.
 42. Goebel JA, Sataloff RT, Hanson JM, Nashner LM, Hirshout DS, Sokolow CC. Posturographic evidence of nonorganic sway patterns in normal subjects, patients, and suspected malingerers. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1997; 117: 293-302.
 43. Furman JM. Posturography: uses and limitations. *Baillieres Clin Neurol* 1994; 3: 501-513.
 44. Jover M, Schmitz C, Bosdure E, Chabrol B, Assaiante C. Anticipatory postural adjustments in a bimanual load-lifting task in children with Duchenne muscular dystrophy. *Neurosci Lett* 2006; 403: 271-275.
 45. Diener HC, Horak FB, Nashner LM. Influence of stimulus parameters on human postural responses. *J Neurophysiol* 1988; 59: 1888-1905.
 46. Maurer C, Mergner T, Bolha B, Hlavacka F. Vestibular, visual, and somatosensory contributions to human control of upright stance. *Neurosci Lett* 2000; 281: 99-102.
 47. Robson FC. The clinical evaluation of posture: relationship of the jaw and posture. *Cranio* 2001; 19: 144.

48. Nashner LM, Shupert CL, Horak FB, Black FO. Organization of posture controls: an analysis of sensory and mechanical constraints. *Prog Brain Res* 1989; 80: 411-8.
49. Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther* 2000; 80: 896-903.
50. Woollacott M, Shumway-Cook. A Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture* 2002; 16: 1-14.
51. Winter DA, Patla AE, Ishac M, Gage WH. Motor mechanisms of balance during quiet standing. *J Electromyogr Kinesiol* 2003; 13: 49-56.
52. Viel S, Vaugoyeau M, Assaiante C. Adolescence: a transient period of proprioceptive neglect in sensory integration of postural control. *Motor Control* 2009; 13: 25-42.
53. Rankin JK, Woollacott MH, Shumway-Cook A, Brown LA. Cognitive influence on postural stability: a neuromuscular analysis in young and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000; 55: M112-M119.
54. Thomas AC, McLean SG, Palmieri-Smith RM. Quadriceps and hamstrings fatigue alters hip and knee mechanics. *J Appl Biomech* 2010; 26: 159-170.
55. Assaiante C. Development of locomotor balance control in healthy children. *Neurosci Biobehav Rev* 1998; 22: 527-532.
56. Massion J, Amblard B, Assaiante C, Mouchnino L, Vernazza S. Body orientation and control of coordinated movements in microgravity. *Brain Res Brain Res Rev* 1998; 28: 83-91.
57. Schmitz C, Martin N, Assaiante C. Building anticipatory postural adjustment during childhood: a kinematic and electromyographic analysis of unloading in children from 4 to 8 years of age. *Exp Brain Res* 2002; 142: 354-364.
58. Roncesvalles MN, Schmitz C, Zedka M, Assaiante C, Woollacott M. From egocentric to exocentric spatial orientation: development of posture control in bimanual and trunk inclination tasks. *J Mot Behav* 2005; 37: 404-416.
59. Guillen EI, Carrió JC, Fernández-Villacañes MA. Sistema nervioso y actividad física. In: *Bases Biológicas y Fisiológicas del movimiento humano*. Madrid: Panamericana; 2002. p. 169-196.
60. Harrison AL, Barry-Greb T, Wojtowicz G. Clinical Measurement of head and shoulder posture variables. *J Orthop Sports Physic Ther* 1996; 23: 353-361.
61. Kendall HO, Kendall FP. Developing and maintaining good posture. *Phys Ther* 1968; 48: 319-336.
62. Fernández-Sánchez M, Zurita F, Fernández C, Fernández R, Muñoz-Cruzado M, Labajos MT. Prevalencia de escoliosis, dominancia manual lateral y transporte de material en una población masculina de 6-12 años. *Apunts Med Esport* 2010. En prensa.

63. Korovessis P, Koureas G, Zacharatos S, Papazisis Z. Backpacks, back pain, sagittal spinal curves and trunk alignment in adolescents: a logistic and multinomial logistic analysis. *Spine* 2005; 30: 247-255.
64. Negrini S, Carabalona R. Backpacks on! Schoolchildren's perceptions of load, associations with back pain and factors determining the load. *Spine* 2002; 27: 187-195.
65. Quintana E, Martín AM, López-Sendín M, Romero AB, Sánchez Pedraz L, Calvo JI. Influencia del tipo de jornada escolar en el peso de las mochilas escolares. *Fisioterapia* 2005; 27: 6-15.
66. Balague F, Dutoit G, Waldburger M. Low back pain in schoolchildren. An epidemiological study. *Scand J Rehabil Med* 1988; 20: 175-179.
67. Balague F, Skovron ML, Nordin M, Dutoit G, Waldburger M. Low back pain in schoolchildren: A study of familial and psychologic factors. *Spine* 1995; 20: 1265-1270.
68. Watson KD, Papageorgiou AC, Jones GT, Taylor S, Symmons DP, Silman AJ et al. Low back pain in schoolchildren: occurrence and characteristics. *Pain* 2002; 97: 87-92.
69. Cardoso C, Gómez A. Lumbalgia. Prevalencia y programas preventivos en la infancia y adolescencia. *Rev Iberoam Fisioter Kinesol* 2008; 11: 32-38.
70. McEvoy MP, Grimmer K. Reliability of upright posture measurements in primary school children. *BMC Musculoskelet Disord* 2005; 6: 35.
71. Sveistrup H, Woollacott MH. Practice modifies the developing automatic postural response. *Exp Brain Res* 1997; 114: 33-43.
72. Assaiante C, Amblard B. Ontogenesis of head stabilization in space during locomotion in children: influence of visual cues. *Exp Brain Res* 1993; 93: 499-515.
73. Assaiante C, Amblard B. Visual factors in the child's gait: effects on locomotor skills. *Percept Mot Skills* 1996; 83: 1019-1041.
74. Assaiante C, McKinley PA, Amblard B. Head-trunk coordination during hops using one or two feet in children and adults. *J Vestib Res* 1997; 7: 145-160.
75. Moore SP, Rushmer DS, Windus SL, Nashner LM. Human automatic postural responses: responses to horizontal perturbations of stance in multiple directions. *Exp Brain Res* 1988; 73: 648-658.
76. Braun BL, Amundson LR. Quantitative assessment of head and shoulder posture. *Arch Phys Med Rehabil* 1989; 70: 322-329.
77. Horton SJ, Johnson GM, Skinner MA. Changes in head and neck posture using an office chair with and without lumbar roll support. *Spine* 2010; 35: E542-E548.
78. Feldman DE, Shrier I, Rossignol M, Abenhaim L. Risk factors for the development of neck and upper limb pain in adolescents. *Spine* 2002; 27: 523-528.

79. Paquette C, Paquet N, Fung J. Aging affects coordination of rapid head motions with trunk and pelvis movements during standing and walking. *Gait Posture* 2006; 24: 62-69.
80. Penha PJ, Joao SM, Casarotto RA, Amino CJ, Penteado DC. Postural assessment of girls between 7 and 10 years of age. *Clinics (Sao Paulo)* 2005; 60: 9-16.
81. Jaremko JL, Poncet P, Ronsky J, Harder J, Dansereau J, Labelle H et al. Indices of torso asymmetry related to spinal deformity in scoliosis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2002; 17: 559-568.
82. van Andel C, van Hutten K, Eversdijk M, Veeger G, Haalar J. Recording scapular motion using an acromion marker cluster. *Gait Posture* 2009; 29: 123-128.
83. Frick SL. Scoliosis in children with anterior chest wall deformities. *Chest Surg Clin N Am* 2000; 10: 427-436.
84. Borstad JD, Ludewing PM. Comparison of scapular kinematics between elevation and lowering of the arm in the scapular plane. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2002; 17: 650-659.
85. Kibler WB. Scapular involvement in impingement: signs and symptoms. *Instr Course Lect* 2006; 55: 35-43.
86. Gil L, Álvarez MC, Sánchez JC. Escoliosis. *Jano* 2002; 63: 47-52.
87. Widhe T. Spine: posture, mobility and pain. A longitudinal study from childhood to adolescence. *Eur Spine J* 2001; 10: 118-123.
88. Janicki JA, Alman B. Scoliosis: Review of diagnosis and treatment. *Paediatr Child Health* 2007; 12: 771-776.
89. Morais T, Bernier M, Turcotte F. Age- and sex-specific prevalence of scoliosis and the value of school screening programs. *Am J Public Health* 1985; 75: 1377-1380.
90. Bunnell WP. Selective screening for scoliosis. *Clin Orthop Relat Res* 2005: 40-45.
91. Zurita F, Moreno M, Ruiz L, Martínez A. Zurita A. Cribado de escoliosis en la población escolar e 8 y 12 años. *An Pediatr (Barc)* 2008; 69: 342-350.
92. Lee SM., Suk SI, Chung ER. Direct vertebral rotation: a new technique of three-dimensional deformity correction with segmental pedicle screw fixation in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 2004; 29: 343-349.
93. Nájera-Martínez P, Varela J. Problemas posturales en el adolescencia: revisión epidemiológica de 200 estudiantes de preparatoria. *Rev Mex Ortop Traumatol* 1993; 7: 169-170.
94. Rose PS, Lenke LG. Classification of operative adolescent idiopathic scoliosis: treatment guidelines. *Orthop Clin North Am* 2007; 38: 521-9.
95. Weinstein SL. Adolescent idiopathic scoliosis: prevalence and natural history. In: *The pediatric spine. Principles and Practice*. New York: Raven Press; 1994. p. 463-478.

96. Fotiadis E, Kenanidis E, Samoladas E, Christodoulou A, Akritopoulos P, Akritopoulou K. Scheuermann's disease: focus on weight and height role. *Eur Spine J* 2008; 17: 673-678.
97. Dambor F, Engell V, Andersen M, Kivik KO, Thomsem K. Prevalence, concordance and heritability of Scheuermann kyphosis based on a study of twins. *J Bone Joint Surg Am* 2006; 88: 2133-2136.
98. Wenger DR, Frick SL. Scheuermann kyphosis. *Spine* 1999; 24: 2630-2639.
99. Singer KP. Pathology of the thoracic spine. In: *The Clinical Anatomy and Management of Thoracic Spine Pain*. Oxford: Butterworth-Heinemann; 2000. pp. 63-82.
100. Negrini S, Negrini A. Postural effects of symmetrical and asymmetrical loads on the spines of schoolchildren. *Scoliosis* 2007; 2: 8.
101. Mac-Thiong JM, Wang Z, de Guise JA, Labelle H. Postural model of sagittal spino-pelvic alignment and its relevance for lumbosacral developmental spondylolisthesis. *Spine* 2008; 33: 2316-2325.
102. Lemire JJ, Mierau DR, Crawford CM, Dzus AK. Scheuermann's juvenile kyphosis. *J Manipulative Physiol Ther* 1996; 19: 195-201.
103. Korovessis P, Stamatakis M, Baikousis A. Segmental roentgenographic analysis of vertebral inclination on sagittal plane in asymptomatic versus chronic low back pain patients. *J Spinal Disord* 1999; 12: 131-137.
104. de Mauroy J, Weiss H, Aulisa A, Aulisa L, Brox J, Durmala J et al. Conservative treatment of idiopathic & Scheuermann's kyphosis. 7th SOSORT consensus paper. *Scoliosis* 2010; 5: 9.
105. Pérez Casas A. *Anatomía Funcional del Aparato Locomotor y de la Inervación Periférica*. Oviedo: R. G.Randio; 1976.
106. Lovejoy CO, Suwa G, Spurlock L, Asfaw B, White TD. The pelvis and femur of *Ardipithecus ramidus*: the emergence of upright walking. *Science* 2009; 326(5949): 71e1-6.
107. Vleeming A, Albert HB, Ostgaard HC, Sturesson B, Stuge B. European guidelines for the diagnosis and treatment of pelvic girdle pain. *Eur Spine J* 2008; 17: 794-819.
108. Baylis WJ, Rzonca EC. Functional and structural limb length discrepancies: evaluation and treatment. *Clin Podiatr Med Surg* 1988; 5: 509-520.
109. Gurney B. Leg length discrepancy. *Gait Posture* 2002; 15: 195-206.
110. Brady RJ, Dean JB, Skinner TM, Gross MT. Limb length inequality: clinical implications for assessment and intervention. *J Orthop Sports Phys Ther* 2003; 33: 221-234.
111. Parvizi J, Sharkey PF, Bissett GA, Rothman RH, Hozack WJ. Surgical treatment of limb-length discrepancy following total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85-A: 2310-2317.

112. McCarthy JJ, MacEwen GD. Management of leg length inequality. *J South Orthop Assoc* 2001; 10: 73-85.
113. Rothbart BA. Relationship of functional leg-length discrepancy to abnormal pronation. *J Am Podiatr Med Assoc* 2006; 96: 499-504.
114. Papaioannou T, Stokes I, Kenwright J. Scoliosis associated with limb-length inequality. *J Bone Joint Surg Am* 1982; 64: 59-62.
115. Ilahi OA, Kohl HW 3rd. Lower extremity morphology and alignment and risk of overuse injury. *Clin J Sport Med* 1998; 8: 38-42.
116. McCaw ST, Bates BT. Biomechanical implications of mild leg length inequality. *Br J Sports Med* 1991; 25: 10-13.
117. Friberg O. Clinical symptoms and biomechanics of lumbar spine and hip joint in leg length inequality. *Spine* 1983; 8: 643-651.
118. Taunton JE, Ryan MB, Clement DB, McKenzie DC, Lloyd-Smith DR, Zumbo BD. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med* 2002; 36(2): 95-101.
119. McLean SG, Walker KB, van den Bogert AJ. Effect of gender on lower extremity kinematics during rapid direction changes: an integrated analysis of three sports movements. *J Sci Med Sport* 2005; 8: 411-422.
120. Shephard RJ. Towards an evidence based prevention of sports injuries. *Inj Prev* 2005; 11: 65-66.
121. Woodland LH, Francis RS. Parameters and comparisons of the quadriceps angle of college-aged men and women in the supine and standing positions. *Am J Sports Med* 1992; 20: 208-211.
122. Westhoff B, Jager M, Krauspe R. Axes of the legs in childhood. What is pathologic? *Orthopade* 2007; 36: 485-498.
123. McLean SG, Huang X, van den Bogert AJ. Association between lower extremity posture at contact and peak knee valgus moment during sidestepping: implications for ACL injury. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2005; 20: 863-870.
124. Shultz SJ, Nguyen AD, Schmitz RJ. Differences in lower extremity anatomical and postural characteristics in males and females between maturation groups. *J Orthop Sports Phys Ther* 2008; 38: 137-149.
125. Yaniv M, Becker T, Goldwirt M, Khamis S, Steinberg DM, Weintroub S. Prevalence of bowlegs among child and adolescent soccer players. *Clin J Sport Med* 2006; 16: 392-396.
126. Sabharwal S, Zhao C, Edgar M. Lower limb alignment in children: reference values based on a full-length standing radiograph. *J Pediatr Orthop* 2008; 28: 740-746.
127. Sabharwal S, Zhao C. The hip-knee-ankle angle in children: reference values based on a full-length standing radiograph. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91: 2461-2468.

128. McLean SG, Huang X, Su A, van den Bogert AJ. Sagittal plane biomechanics cannot injure the ACL during sidestep cutting. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2004; 19: 828-838.
129. Rosselli P, Duplat JL, Uribe IC, Turriago CA. *Ortopedia Infantil*. Colombia: Panamericana; 2005.
130. Valmassy RL. *Clinical Biomechanics of the lower extremities*. Madrid: Mosby; 1996.
131. Morgan PM, LaPrade RF, Wentorf FA, Cook JW, Bianco A. The role of the oblique popliteal ligament and other structures in preventing knee hyperextension. *Am J Sports Med* 2010; 38: 550-557.
132. Fabry G. Torsion of the femur. *Acta Orthop Belg* 1977; 43: 454-459.
133. Staheli LT, Lippert F, Denotter P. Femoral anteversion and physical performance in adolescent and adult life. *Clin Orthop Relat Res* 1977: 213-216.
134. Staheli LT, Corbett M, Wyss C, King H. Lower-extremity rotational problems in children. Normal values to guide management. *J Bone Joint Surg Am* 1985; 67: 39-47.
135. Turner MS, Smillie IS. The effect of tibial torsion of the pathology of the knee. *J Bone Joint Surg Br* 1981; 63-B: 396-398.
136. Fabry G. Clinical practice. Static, axial, and rotational deformities of the lower extremities in children. *Eur J Pediatr* 2010; 169: 529-534.
137. Mallau S, Mesure S, Viehweger E, Jacquemier M, Bollini G, Assaiente C. Locomotor skills and balance strategies in children with internal rotations of the lower limbs. *J Orthop Res* 2008; 26: 117-125.
138. Guidera KJ, Ganey TM, Keneally CR, Ogden JA. The embryology of lower-extremity torsion. *Clin Orthop Relat Res* 1994; 302: 17-21.
139. Schwarze DJ, Denton JR. Normal values of neonatal lower limbs: an evaluation of 1,000 neonates. *J Pediatr Orthop* 1993; 13: 758-760.
140. Svenningsen S, Apalset K, Terjesen T, Anda S. Regression of femoral anteversion. A prospective study of intoeing children. *Acta Orthop Scand* 1989; 60: 170-173.
141. Galbraith RT, Gelberman RH, Hajek PC, Baker LA, Sartoris DJ, Rab GT et al. Obesity and decreased femoral anteversion in adolescence. *J Orthop Res* 1987; 5: 523-528.
142. Braten M, Terjesen T, Rossvoll I. Femoral anteversion in normal adults. Ultrasound measurements in 50 men and 50 women. *Acta Orthop Scand* 1992; 63: 29-32.
143. Nguyen AD, Shultz SJ. Sex differences in clinical measures of lower extremity alignment. *J Orthop Sports Phys Ther* 2007; 37: 389-398.
144. Ramos D, González JL, Lafuente G. Diferencias en las amplitudes articulares entre varones y mujeres en edad escolar. *Apunts Med Esport* 2007; 153: 13-25.

145. Kling TF Jr, Hensinger RN. Angular and torsional deformities of the lower limbs in children. *Clin Orthop Relat Res* 1983; 176: 136-147.
146. Levinger P, Gilleard W. Relationship between static posture and rearfoot motion during walking in patellofemoral pain syndrome: effect of a reference posture for gait analysis. *J Am Podiatr Med Assoc* 2006; 96: 323-329.
147. McPoil T, Cornwall MW. Relationship between neutral subtalar joint position and pattern of rearfoot motion during walking. *Foot Ankle Int* 1994; 15: 141-145.
148. Pierrynowski MR, Smith SB. Rear foot inversion/eversion during gait relative to the subtalar joint neutral position. *Foot Ankle Int* 1996; 17: 406-412.
149. Beynon BD, Renstrom PA, Alosa DM, Baumhauer JF, Vacek PM. Ankle ligament injury risk factors: a prospective study of college athletes. *J Orthop Res* 2001; 19: 213-220.
150. Karlsson J, Eriksson BI, Renstrom PA. Subtalar ankle instability. A review. *Sports Med* 1997; 24: 337-346.
151. Burns J, Keenan AM, Redmond A. Foot type and overuse injury in triathletes. *J Am Podiatr Med Assoc* 2005; 95: 235-241.
152. Morrison KE, Kaminski TW. Foot characteristics in association with inversion ankle injury. *J Athl Train* 2007; 42: 135-142.
153. Kaufman KR, Brodine SK, Shaffer RA, Johnson CW, Cullison TR. The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *Am J Sports Med* 1999; 27: 585-593.
154. Bennett JE, Reinking MF, Pluemer B, Pentel A, Seaton M, Killian C. Factors contributing to the development of medial tibial stress syndrome in high school runners. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001; 31: 504-510.
155. Krauss I, Grau S, Mauch M, Maiwald C, Horstmann T. Sex-related differences in foot shape. *Ergonomics* 2008; 51: 1693-1709.
156. Cain LE, Nicholson LL, Adams RD, Burns J. Foot morphology and foot/ankle injury in indoor football. *J Sci Med Sport* 2007; 10: 311-319.
157. Garcia-Rodriguez A, Martin-Jimenez F, Carnero-Varo M, Gomez-Gracia E, Gomez-Aracena J, Fernandez-Crehuet J. [artículo en línea]. Flexible flat feet in children: a real problem? *Pediatrics* 1999; 103(6): e84. [Consulta: 15 de agosto 2009]. Disponible en World Wide Web: <http://www.pediatrics.org/cgi/content/full/103/6/e84>
158. Staheli LT. Evaluation of planovalgus foot deformities with special reference to the natural history. *J Am Podiatr Med Assoc* 1987; 77: 2-6.
159. Statler TK, Tullis BL. Pes cavus. *J Am Podiatr Med Assoc* 2005; 95: 42-52.
160. Sullivan JA. Pediatric flatfoot: evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg* 1999; 7: 44-53.
161. Mann RA, Missirian J. Pathophysiology of Charcot-Marie-Tooth disease. *Clin Orthop Relat Res* 1988; 234: 221-228.

162. Amiot R, Coulter T, Nute M, Wilson S. Surgical treatment of adult idiopathic cavus foot. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85-A: 1400-1401.
163. Pfeiffer M, Kotz R, Ledl T, Hauser G, Sluga M. Prevalence of flat foot in preschool-aged children. *Pediatrics* 2006; 118: 634-639.
164. Wearing SC, Hills AP, Byrne NM, Hennig EM, McDonald M. The arch index: a measure of flat or fat feet? *Foot Ankle Int* 2004; 25: 575-581.
165. Sachithanandam V, Joseph B. The influence of footwear on the prevalence of flat foot. A survey of 1846 skeletally mature persons. *J Bone Joint Surg Br* 1995; 77: 254-257.
166. Dowling AM, Steele JR, Baur LA. Does obesity influence foot structure and plantar pressure patterns in prepubescent children? *Int J Obes Relat Metab Disord* 2001; 25: 845-852.
167. Zafiropoulos G, Prasad KS, Kouboura T, Danis G. Flat foot and femoral anteversion in children--a prospective study. *Foot (Edinb)* 2009; 19: 50-54.
168. Themar-Noel C. Foot deformities in children. *Rev Prat* 2010; 20(60): 369-372.
169. Riccio V, Porpora G, Riccio I. Pediatric flat foot: a review. *Pediatr Med Chir* 2009; 31: 201-204.
170. Blitz NM, Stabile RJ, Giorgini RJ, DiDomenico LA. Flexible pediatric and adolescent pes planovalgus: conservative and surgical treatment options. *Clin Podiatr Med Surg* 2010; 27: 59-77.
171. Yates B, White S. The incidence and risk factors in the development of medial tibial stress syndrome among naval recruits. *Am J Sports Med* 2004; 32: 772-780.
172. Grady JF, Axe TM, Zager EJ, Sheldon LA. A retrospective analysis of 772 patients with *hallux limitus*. *J Am Podiatr Med Assoc* 2002; 92: 102-108.
173. Camasta CA. *Hallux limitus* and *hallux rigidus*. Clinical examination, radiographic findings, and natural history. *Clin Podiatr Med Surg* 1996; 13: 423-448.
174. Beeson P, Phillips C, Corr S, Ribbans WJ. *Hallux rigidus*: a cross-sectional study to evaluate clinical parameters. *Foot (Edinb)* 2009; 19: 80-92.
175. Durrant B, Chockalingam N. Functional *hallux limitus*: a review. *J Am Podiatr Med Assoc* 2009; 99: 236-243.
176. Perry J, Burnfield J. *Gait Analysis: Normal and Pathological Function*. Totofare NY; 1992.
177. Dananberg HJ. Functional *hallux limitus* and its relationship to gait efficiency. *J Am Podiatr Med Assoc* 1986; 76: 648-652.
178. Dananberg HJ. Gait style as an etiology to chronic postural pain. Part II. Postural compensatory process. *J Am Podiatr Med Assoc* 1993; 83: 615-624.
179. Dananberg HJ. Gait style as an etiology to chronic postural pain. Part I. Functional *hallux limitus*. *J Am Podiatr Med Assoc* 1993; 83: 433-441.

180. Bezer M, Erol B, Kocaoglu B, Aydin N, Guven O. Low back pain among children and adolescents. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2004; 38: 136-144.
181. Kujala UM, Taimela S, Viljanen T. Leisure physical activity and various pain symptoms among adolescents. *Brit J of Sports Med* 1999; 33: 325-328.
182. Kujala UM, Taimela S, Erkintalo M, Salminen JJ, Kaprio J. Low-back pain in adolescent athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28: 165-170.
183. Bockowski L, Sobaniec W, Kulak W, Smigielska-Kuzia J, Sendrowski K, Roszkowska M. Low back pain in school-age children: risk factors, clinical features and diagnostic managment. *Adv Med Sci* 2007; 52 Suppl 1: 221-3.
184. McGregor AH, Hukins DW. Lower limb involvement in spinal function and low back pain. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2009; 22: 219-222.
185. Ramprasad M, Alias J, Raghuv eer AK. Effect of Backpack Weight on Postural Angles in Preadolescent Children. *Indian Pediatr* 2010; 47(7): 571-2.
186. Neuschwander TB, Cutrone J, Macias BR, Cutrone S, Murthy G, Chambers H et al. The effect of backpacks on the lumbar spine in children: a standing magnetic resonance imaging study. *Spine* 2010; 35: 83-88.
187. Korovessis P, Koureas G, Papazisis Z. Correlation between backpack weight and way of carrying, sagittal and frontal spinal curvatures, athletic activity, and dorsal and low back pain in schoolchildren and adolescents. *J Spinal Disord Tech* 2004; 17: 33-40.
188. Americam Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS) [en linea]. Backpack Safety. Recomendations [Consulta: 20 julio 2009]. Disponible en World Wide Web: [http://orthoinfo.aaos.org/topic.cfm?topic=A00043#Tips for Proper Use of Backpacks](http://orthoinfo.aaos.org/topic.cfm?topic=A00043#Tips%20for%20Proper%20Use%20of%20Backpacks)
Ref Type: Online Source.
189. APTA. American Physical Therapy Association (APTA) [en linea]. [Consulta: 10 febrero 2010]. Disponible en World Wide Web: http://www.apta.org/AM/Template.cfm?Section=Current_Issue.
Ref Type: Online Source
190. Ariens GAM, van Mechelen W, Bongers PM, Bouter LM, Wal G. Physical risk factors for neck pain. *Scand J Work Environ Health* 2000; 26: 7-19.
191. Vogiatzis I, Zakynthinos S. Physical inactivity: common pathway to peripheral muscle weakness in chronic respiratory diseases? *Eur Respir J* 2009; 34: 1213-1214.
192. Trudeau F, Shephard RJ. Physical education, school physical activity, school sports and academic performance. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2008; 5:10.
193. Pomés MT. Postura y deporte. La importancia de detectar lesiones y encontrar su verdadera causa. [artículo en línea]. *Revista IPP*. Año 1, Número 1, Enero-Febrero 2008. [Consulta: 8 dic 2009]. Disponible en World Wide Web: http://www.ub.edu/revistaipp/hemeroteca/2_2008/t_pomes.pdf
194. Villarroya A, Nerón S, Marco C, Moros T. Cuantificación de la actividad muscular en los grandes músculos de la extremidad inferior durante el

- mantenimiento de la postura erecta. *Rev Med Univ Navarra* 2002; 46: 9-14.
195. Kovacs FM, Gestoso M, del Real MTG, Lopez J, Mufraggi N, Mendez JI. Risk factors for non-specific low back pain in schoolchildren and their parents: a population based study. *Pain* 2003; 103: 259-268.
196. Harreby M, Nygaard B, Jessen T, Larsen E, Storr-Paulsen A, Lindahl A, Fisker I, Laegaard E. Risk factors for low back pain in a cohort of 1389 Danish schoolchildren: An epidemiologic study. *Eur Spine* 1999; 8: 444-450.
197. El-Metwally A, Salminen JJ, Auvinen A, Macfarlane G, Mikkelsen M. Risk factors for development of non-specific musculoskeletal pain in preteens and early adolescents: a prospective 1-year follow-up study. *BMC Musculoskel Disord* 2007; 8: 46.
198. Park H, Sprince NL, Whitten PS, Burmeister LF, Zwerling C. Risk factors for back pain among male farmers: analysis of Iowa Farm Family Health and Hazard Surveillance Study. *Am J Ind Med* 2001; 40: 646-654.
199. Kovacs FM, Fernandez C, Cordero A, Muriel A, Gonzalez-Lujan L, Gil del Real MT. Non-specific low back pain in primary care in the Spanish National Health Service: a prospective study on clinical outcomes and determinants of management. *BMC Health Serv Res* 2006; 6: 57.
200. Mustard CA, Kalcevic C, Frank JW, Boyle M. Childhood and early adult predictors of risk of incident back pain: Ontario Child Health Study 2001 follow-up. *Am J Epidemiol* 2005; 162(8):779-86.
201. Troussier B, Marchou-Lopez S, Pironneau S, Alais E, Grison J, Prel G, Pequegnot C, Degaudemaris R, Phelip X. Back pain and spinal alignment abnormalities in schoolchildren. *Rev Rhum Engl Ed* 1999; 66: 370-380.
202. Taimela S, Kujala AM, Salmien JJ, Viinanen T. The prevalence of low back pain among children and adolescents. A Nationwide, cohort-based questionnaire survey in Finland. *Spine* 1997; 22: 1136.
203. Hestbaek L, Leboeuf-Yde C, Kyvik KO, Vach W, Russell MB, Skadhauge L, Svendsen A, Manniche C. Comorbidity with low back pain: a cross-sectional population-based survey of 12- to 22-year-olds. *Spine* 2004; 29: 1483-1491.
204. Hestbaek L, Leboeuf-Yde C, Kyvik KO. Is comorbidity in adolescence a predictor for adult low back pain? A prospective study of a young population. *BMC Musculoskelet Disord* 2006; 7: 29.
205. Cardon GM, de Clercq DL, Geldhof EJ, Bourdeaudhuij IM. Back education in elementary schoolchildren: the effects of adding a physical activity promotion program to a back care program. *Eur Spine J* 2007; 16: 125-133.
206. Geldhof EJ, Cardon GM, Bourdeaudhuij IM, de Clercq DL. Back posture education in elementary schoolchildren: a 2-year follow-up study. *Eur Spine J* 2007; 16: 841-850.

207. Chung MK, Lee I, Kee D. Quantitative postural load assessment for whole body manual tasks based on perceived discomfort. *Ergonomics* 2005; 48: 492-505.
208. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ* 2000; 320: 1240-1243.
209. Hidalgo MI, González MP, Montón JL. Fases de la adolescencia y objetivos a conseguir. *Formación Médica Continuada en Atención Primaria* 2006; 13: 8-12.
210. Xiong S, Goonetilleke RS, Witana CP, Weerasinghe TW, Au EY. Foot arch characterization: a review, a new metric, and a comparison. *J Am Podiatr Med Assoc* 2010; 100: 14-24.
211. Michaud TC. *Foot Orthosis and other forms of conservative foot care*. Massachusetts: Newton; 1997.
212. Halstead J, Turner DE, Redmond AC. The relationship between *hallux* dorsiflexion and ankle joint complex frontal plane kinematics: a preliminary study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2005; 20: 526-531.
213. Dananberg HJ. Manipulation of the ankle as a method of treatment for ankle and foot pain. *J Am Podiatr Med Assoc* 2004; 94: 395-399.
214. Hoppenfeld S. *Physical examination of the spine and extremities*. Connecticut: Appleton & Lange; 2001.
215. Jones MA, Stratton G, Reilly T, Unnithan VB. Measurement error associated with spinal mobility measures in children with and without low-back pain. *Acta Paediatr* 2002; 91: 1339-1343.
216. Balague F, Troussier B, Salminen JJ. Non-specific low back pain in children and adolescents: risk factors. *Eur Spine J* 1999; 8: 429-438.
217. Brodersen A, Pedersen B, Reimers J. Incidence of complaints about heel-, knee- and back-related discomfort among Danish children, possible relation to short muscles. *Ugeskr Laeger* 1994; 156(15): 2243-2245.
218. Griegel-Morris P, Larson K, Mueller-Klaus K, Oatis CA. Incidence of common postural abnormalities in the cervical, shoulder, and thoracic regions and their association with pain in two age groups of healthy subjects. *Phys Ther* 1992; 72: 425-431.
219. Grimmer K, Nyland L, Milanese S. Longitudinal investigation of low back pain in Australian adolescents: a five-year study. *Physiother Res Int* 2006; 11: 161-172.
220. Smith A, O'Sullivan P, Straker L. Classification of sagittal thoraco-lumbo-pelvic alignment of the adolescent spine in standing and its relationship to low back pain. *Spine* 2008; 33: 2101-2107.
221. Watson AW, Mac DC. A reliable technique for the assessment of posture: assessment criteria for aspects of posture. *J Sports Med Phys Fitness* 2000; 40: 260-270.

222. Beattie KA, Bobba R, Bayoumi I, Chan D, Schabert I, Boulos P et al. Validation of the GALS musculoskeletal screening exam for use in primary care: a pilot study. *BMC Musculoskelet Disord* 2008; 9: 115.
223. Christensen ST, Hartvigsen J. Spinal curves and health: a systematic critical review of the epidemiological literature dealing with associations between sagittal spinal curves and health. *J Manipulative Physiol Ther* 2008; 31: 690-714.
224. Cardon G, Balague F. Backpacks and spinal disorders in school children. *Eura Medicophys* 2004; 40: 15-20.
225. Foissac M, Millet GY, Geyssant A, Freychat P, Belli A. Characterization of the mechanical properties of backpacks and their influence on the energetics of walking. *J Biomech* 2009; 19(42): 125-130.
226. Hennessey L, Watson AW. Flexibility and posture assessment in relation to hamstring injury. *Br J Sports Med* 1993; 27: 243-246.
227. Watson AW. Sports injuries related to flexibility, posture, acceleration, clinical defects, and previous injury, in high-level players of body contact sports. *Int J Sports Med* 2001; 22: 222-225.
228. Penha PJ, Baldini M, Joao SM. Spinal postural alignment variance according to sex and age in 7- and 8-year-old children. *J Manipulative Physiol Ther* 2009; 32: 154-159.
229. Pinho RA, Duarte M. Análise postural em escolares de Florianópolis. *Rev Brasileira de Atividade Física e Saúde* 1995; 1: 49-58.
230. Scott DA, Alexander JR. Relapsing and remitting scapular winging in a pediatric patient. *Am J Phys Med Rehabil* 2010; 89: 505-508.
231. Airaksinen O, Brox JJ, Cedraschi C, Hildebrandt J, Klaber-Moffett J, Kovacs F, et al. European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *Eur Spine J* 2006; 15 Suppl 2: S192-300.
232. Dananberg HJ, Guiliano M. Chronic low-back pain and its response to custom-made foot orthoses. *J Am Podiatr Med Assoc* 1999; 89: 109-117.
233. Kovacs F, Abaira V, Santos S, Diaz E, Gestoso M, Muriel A et al. A comparison of two short education programs for improving low back pain-related disability in the elderly: a cluster randomized controlled trial. *Spine* 2007; 32: 1053-1059.
234. Kujala UM, Taimela S, Oksanen A, Salminen JJ. Lumbar mobility and low back pain during adolescence. A longitudinal three-year follow-up study in athletes and controls. *Am J Sports Med* 1997; 25: 363-368.
235. Yawn BP. School-screening for scoliosis. A prospective epidemiological study in northwestern and central Greece. *J Bone Joint Surg Am* 1998; 80: 1244.
236. Straker LM, O'Sullivan PB, Smith AJ, Perry MC, Coleman J. Sitting spinal posture in adolescents differs between genders, but is not clearly related to neck/shoulder pain: an observational study. *Aust J Physiother* 2008; 54: 127-133.

237. de la Cruz H, Cotiño B, Mora I, Mallart M, González M. Eficacia de las corrientes interferenciales de la angulación en niños mexicanos atendidos en el instituto nacional de pediatría. *Rev Mex Med Fisica Rehabil* 2001; 13: 37-43.
238. Soucacos PN, Soucacos PK, Zacharis KC, Beris AE, Xenakis TA. School-screening for scoliosis. A prospective epidemiological study in northwestern and central Greece. *J Bone Joint Surg Am* 1997; 79: 1498-1503.
239. Ostojic Z, Kristo T, Ostojic L, Petrovic P, Vasilj I, Santic Z et al. Prevalence of scoliosis in school-children from Mostar, Bosnia and Herzegovina. *Coll Antropol* 2006; 30: 59-64.
240. Diputación General de Aragón. Plan de Salud de Aragón. Departamento de Sanidad, Bienestar Social y Trabajo. 1999.
Ref Type: Generic
241. Sara Y, Leal L. Programa de despistaje de las desviaciones de la columna. Ministerio de Salud y Consumo. Consejería de Salud y Bienestar Social. Valdemoro, Madrid. 1987.
Ref Type: Report
242. Redondo MJ, Arenillas P, Fernández C. Screening for adolescent idiopathic scoliosis: is current knowledge sufficient to support its use? *Anal Español Pediatr* 1999; 50: 129-133.
243. Brooks WJ, Krupinski EA, Hawes MC. Reversal of childhood idiopathic scoliosis in an adult, without surgery: a case report and literature review. *Scoliosis* 2009; 4: 27.
244. Rogala EJ, Drummond DS, Gurr J. Scoliosis: incidence and natural history. A prospective epidemiological study. *J Bone Joint Surg Am* 1978; 60: 173-176.
245. Yawn BP, Yawn RA, Hodge D, Kurland M, Shaughnessy WJ, Ilstrup D et al. A population-based study of school scoliosis screening. *JAMA* 1999; 282: 1427-1432.
246. Skaggs DL, Early SD, D'Ambra P, Tolo VT, Kay RM. Back pain and backpacks in school children. *J Pediatr Orthop* 2006; 26: 358-363.
247. Arregui JA, Martínez-Haro V. Estado actual de las investigaciones sobre la flexibilidad en la adolescencia. *Rev Int Med Cienc Act Fís Deporte* 2001; 1: 127-135.
248. Grivas TB, Vasiliadis ES, Koufopoulos G, Segos D, Triantafyllopoulos G, Mouzakis V. Study of trunk asymmetry in normal children and adolescents. *Scoliosis* 2006; 1: 19.
249. Iyer SR. An ergonomic study of chronic musculoskeletal pain in schoolchildren. *Indian J Pediatr* 2001; 68: 937-941.
250. Forjuoh SN, Lane BL, Schuchmann JA. Percentage of body weight carried by students in their school backpacks. *Am J Phys Med Rehabil* 2003; 82: 261-266.

251. Siambanes D, Martinez JW, Butler EW, Haider T. Influence of school backpacks on adolescent back pain. *J Pediatr Orthop* 2004; 24: 211-217.
252. Steele E, Bialocerkowski A, Grimmer K. The postural effects of load carriage on young people —a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord* 2003; 4: 12.
253. Wedderkopp N, Leboeuf-Yde C, Andersen LB, Froberg K, Hansen HS. Back pain reporting pattern in a Danish population-based sample of children and adolescents. *Spine* 2001; 26: 1879-1883.
254. Cil A, Yazici M, Uzumcugil A, Kandemir U, Alanay A, Alanay Y, et al. The evolution of sagittal segmental alignment of the spine during childhood. *Spine* 2005; 30: 93-100.
255. Poussa MS, Heliovaara MM, Seitsamo JT, Kononen MH, Hurmerinta KA, Nissinen MJ. Development of spinal posture in a cohort of children from the age of 11 to 22 years. *Eur Spine J* 2005; 14: 738-742.
256. Espinoza-Navarro O, Valle S, Berrios G, Horta J, Rodríguez H, Rodríguez M. Prevalencia de los defectos posturales en niños de Arica-Chile. Efectos de un programa de mejora de la postura. *Int J Morpholog* 2009; 27(1): 25-30.
257. Mac-Thiong JM, Berthonnaud E, Dimar JR, Betz RR, Labelle H. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. *Spine* 2004; 29: 1642-1647.
258. Fabry G. Clinical practice: the spine from birth to adolescence. *Eur J Pediatr* 2009; 168: 1415-1420.
259. Nissinen M, Heliovaara M, Seitsamo J, Poussa M. Trunk asymmetry, posture, growth, and risk of scoliosis. A three-year follow-up of Finnish prepubertal school children. *Spine* 1993; 18: 8-13.
260. Jacquemier M, Jouve JL, Jimeno MT, Ramaherisson P, Giusiano B, Bollini G. Lower limb morphotypes. A clinical study in 1401 children. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1997; 83: 531-539.
261. Pierrynowski MR, Finstad E, Kemecsey M, Simpson J. Relationship between the subtalar joint inclination angle and the location of lower-extremity injuries. *J Am Podiatr Med Assoc* 2003; 93: 481-484.
262. Ferber R, Davis IM, Williams DS 3rd. Gender differences in lower extremity mechanics during running. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2003; 18: 350-357.
263. Krivickas LS. Anatomical factors associated with overuse sports injuries. *Sports Med* 1997; 24: 132-146.
264. Lincoln TL, Suen PW. Common rotational variations in children. *J Am Acad Orthop Surg* 2003; 11: 312-320.
265. Volpe RG. Evaluation and management of in-toe gait in the neurologically intact child. *Clin Podiatr Med Surg* 1997; 14: 57-85.

266. Ho CS, Lin CJ, Chou YL, Su FC, Lin SC. Foot progression angle and ankle joint complex in preschool children. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2000; 15: 271-277.
267. Payne C, Chuter V, Miller K. Sensitivity and specificity of the functional *hallux limitus* test to predict foot function. *J Am Podiatr Med Assoc* 2002; 92: 269-271.
268. Khamis S, Yizhar Z. Effect of feet hyperpronation on pelvic alignment in a standing position. *Gait Posture* 2007; 25: 127-134.
269. Vleeming A, Pool-Goudzwaard AL, Hammudoghlu D, Stoeckart R, Snijders CJ, Mens JM. The function of the long dorsal sacroiliac ligament: its implication for understanding low back pain. *Spine* 1996; 21: 556-562.
270. Nester C, Jones RK, Liu A, Howard D, Lundberg A, Arndt A, et al. Foot kinematics during walking measured using bone and surface mounted markers. *J Biomech* 2007; 40: 3412-3423.
271. Morley JB, Decker LM, Dierks T, Blanke D, French JA, Stergiou N. Effects of varying amounts of pronation on the mediolateral ground reaction forces during barefoot versus shod running. *J Appl Biomech* 2010; 26: 205-214.
272. Milner CE, Hamill J, Davis IS. Distinct hip and rearfoot kinematics in female runners with a history of tibial stress fracture. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010; 40: 59-66.
273. Lynn SK, Kajaks T, Costigan PA. The effect of internal and external foot rotation on the adduction moment and lateral-medial shear force at the knee during gait. *J Sci Med Sport* 2008; 11: 444-451.
274. Lee JH, Sung IY, Yoo JY. Clinical or radiologic measurements and 3-D gait analysis in children with pes planus. *Pediatr Int* 2009; 51: 201-205.
275. Kirby KA. What future direction should podiatric biomechanics take? *Clin Podiatr Med Surg* 2001; 18: 719-23.
276. Dananberg HJ. Sagittal plane biomechanics. American Diabetes Association. *J Am Podiatr Med Assoc* 2000; 90: 47-50.
277. Forriol F, Maiques JP, Dankloff C, Gomez PL. Foot morphology development with age. *Gegenbaurs Morphol Jahrb* 1990; 136: 669-676.
278. Volpon JB. Footprint analysis during the growth period. *J Pediatr Orthop* 1994; 14: 83-85.
279. Mickle KJ, Steele JR, Munro BJ. Is the foot structure of preschool children moderated by gender? *J Pediatr Orthop* 2008; 28: 593-596.
280. Nielsen RG, Rathleff MS, Simonsen OH, Langberg H. Determination of normal values for navicular drop during walking: a new model correcting for foot length and gender. *J Foot Ankle Res* 2009; 2: 12.
281. Staheli LT, Chew DE, Corbett M. The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. *J Bone Joint Surg Am* 1987; 69: 426-428.

282. Ledoux WR, Shofer JB, Smith DG, Sullivan K, Hayes SG, Assal M, et al. Relationship between foot type, foot deformity, and ulcer occurrence in the high-risk diabetic foot. *J Rehabil Res Dev* 2005; 42: 665-672.
283. Hall C, Nester CJ. Sagittal plane compensations for artificially induced limitation of the first metatarsophalangeal joint: a preliminary study. *J Am Podiatr Med Assoc* 2004; 94: 269-274.
284. Brantingham JW, Lee GJ, Shaik J, Globe G. Sagittal plane blockage of the foot, ankle and *hallux* and foot alignment-prevalence and association with low back pain. *J Chiropr Med* 2006; 5: 123-127.
285. Kurtz DH, Harrill JC, Kaczander BI, Solomon MG. The Valenti procedure for *hallux limitus*: a long-term follow-up and analysis. *J Foot Ankle Surg* 1999; 38: 123-130.
286. Clough JG. Functional *hallux limitus* and lesser-metatarsal overload. *J Am Podiatr Med Assoc* 2005; 95: 593-601.
287. Calmels P, Minaire P. A review of the role of the agonist/antagonist muscle pairs ratio in rehabilitation. *Disabil Rehabil* 1995; 17: 265-276.
288. O'Sullivan P, Dankaerts W, Burnett A, Straker L, Bargon G, Moloney N, et al. Lumbopelvic kinematics and trunk muscle activity during sitting on stable and unstable surfaces. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006; 36: 19-25.
289. Kawano MM, Ambar G, Oliveira BI, Boer MC, Cardoso AP, Cardoso JR. Influence of the gastrocnemius muscle on the sit-and-reach test assessed by angular kinematic analysis. *Rev Bras Fisioter* 2010; 14: 10-15.
290. Jones CJ, Rikli RE, Max J, Noffal G. The reliability and validity of a chair sit-and-reach test as a measure of hamstring flexibility in older adults. *Res Q Exerc Sport* 1998; 69: 338-343.
291. Congdon R, Bohannon R, Tiberio D. Intrinsic and imposed hamstring length influence posterior pelvic rotation during hip flexion. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2005; 20: 947-951.
292. Lopez-Minarro PA, Rodriguez-Garcia PL. Hamstring muscle extensibility influences the criterion-related validity of sit-and-reach and toe-touch tests. *J Strength Cond Res* 2010; 24: 1013-1018.
293. Santonja F, Ferrer V, Martínez I. Exploración Clínica del Síndrome de los isquiosurales cortos. *Selección* 1995; 4: 81-91.
294. Hands B, Larkin D, Parker H, Straker L, Perry M. The relationship among physical activity, motor competence and health-related fitness in 14-year-old adolescents. *Scand J Med Sci Sports* 2009; 19: 655-663.
295. Youdas JW, Hollman JH, Hitchcock JR, Hoyme GJ, Johnsen JJ. Comparison of hamstring and quadriceps femoris electromyographic activity between men and women during a single-limb squat on both a stable and labile surface. *J Strength Cond Res* 2007; 21: 105-111.
296. Hawkins D, Metheny J. Overuse injuries in youth sports: biomechanical considerations. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: 1701-1707.

297. Shadmehr A, Hadian MR, Naiemi SS, Jalaie S. Hamstring flexibility in young women following passive stretch and muscle energy technique. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2009; 22: 143-148.
298. Gould EM, Jensen MP, Victor TW, Gammaitoni AR, White RE, Galer BS. The pain quality response profile of oxymorphone extended release in the treatment of low back pain. *Clin J Pain* 2009; 25: 116-122.
299. Jones MD Jr, McGuinness GA. The future of pediatric residency education: prescription for more flexibility. *J Pediatr* 2009; 154: 157-158.
300. Peeler JD, Anderson JE. Reliability limits of the modified Thomas test for assessing rectus femoris muscle flexibility about the knee joint. *J Athl Train* 2008; 43: 470-476.
301. Young WB. Transfer of strength and power training to sports performance. *Int J Sports Physiol Perform* 2006; 1: 74-83.
302. Lim BO, Lee YS, Kim JG, An KO, Yoo J, Kwon YH. Effects of sports injury prevention training on the biomechanical risk factors of anterior cruciate ligament injury in high school female basketball players. *Am J Sports Med* 2009; 37: 1728-1734.
303. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Prevention of anterior cruciate ligament injuries. *Curr Womens Health Rep* 2001; 1: 218-224.
304. Tabrizi P, McIntyre WM, Quesnel MB, Howard AW. Limited dorsiflexion predisposes to injuries of the ankle in children. *J Bone Joint Surg Br* 2000; 82: 1103-1106.
305. DiGiovanni CW, Kuo R, Tejwani N, Price R, Hansen ST, Jr., Cziernecki J, et al. Isolated gastrocnemius tightness. *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84-A: 962-970.
306. DiGiovanni CW, Langer P. The role of isolated gastrocnemius and combined Achilles contractures in the flatfoot. *Foot Ankle Clin* 2007; 12: 363-79.
307. Baggett BD, Young G. Ankle joint dorsiflexion. Establishment of a normal range. *J Am Podiatr Med Assoc* 1993; 83: 251-254.
308. Cornwall MW, Fishco WD, McPoil TG, Lane CR, O'Donnell D, Hunt L. Reliability and validity of clinically assessing first-ray mobility of the foot. *J Am Podiatr Med Assoc* 2004; 94: 470-476.
309. Evans AM, Copper AW, Scharfbillig RW, Scutter SD, Williams MT. Reliability of the foot posture index and traditional measures of foot position. *J Am Podiatr Med Assoc* 2003; 93: 203-213.
310. Saxena A, Kim W. Ankle dorsiflexion in adolescent athletes. *J Am Podiatr Med Assoc* 2003; 93: 312-314.
311. Cibulka. MT Low back pain and its relation to the hip and foot. *J Orthop Sports Phys Ther* 1999; 29: 595-601.
312. Bowers AL, Castro MD. The mechanics behind the image: foot and ankle pathology associated with gastrocnemius contracture. *Semin Musculoskelet Radiol* 2007; 11: 83-90.

313. Galley PM, Forster AL. Human Movement. New York: Churchill Livingstone; 1987.
314. Mikkelsen LO, Nupponen H, Kaprio J, Kautiainen H, Mikkelsen M, Kujala UM. Adolescent flexibility, endurance strength, and physical activity as predictors of adult tension neck, low back pain, and knee injury: a 25 year follow up study. *Br J Sports Med* 2006; 40: 107-113.
315. Ebben WP, Fauth ML, Petushek EJ, Garceau LR, Hsu BE, Lutsch BN, et al. Gender-based analysis of hamstring and quadriceps muscle activation during jump landings and cutting. *J Strength Cond Res* 2010; 24: 408-415.
316. Hewett TE, Myer GD, Zazulak BT. Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *J Sci Med Sport* 2008; 11: 452-459.
317. Saygin O, Zorba E, Karacabey K, Mengutay S. Gender and maturation differences in health-related physical fitness and physical activity in Turkish children. *Pak J Biol Sci* 2007; 10: 1963-1969.
318. Burton AK, Tillotson KM. Is recurrent low back trouble associated with increased lumbar sagittal mobility? *J Biomed Eng* 1989; 11: 245-248.
319. Mierau D, Cassidy JD, Yong-Hing K. Low-back pain and straight leg raising in children and adolescents. *Spine* 1989; 14: 526-528.
320. Olsen TL, Anderson RL, Dearwater SR, Kriska AM, Cauley JA, Aaron DJ, et al. The epidemiology of low back pain in an adolescent population. *Am J Public Health* 1992; 82: 606-608.
321. Salminen JJ. The adolescent back. A field survey of 370 Finnish schoolchildren. *Acta Paediatr Scand Suppl* 1984; 315: 1-122.
322. Lakke SE, Soer R, Takken T, Reneman MF. Risk and prognostic factors for non-specific musculoskeletal pain: a synthesis of evidence from systematic reviews classified into ICF dimensions. *Pain* 2009; 147: 153-164.
323. Cibulka MT. Clinical diagnosis of sacroiliac joint dysfunction. *Phys Ther* 2001; 81: 1731-1733.
324. Burton AK, Clarke RD, McClune TD, Tillotson KM. The natural history of low back pain in adolescents. *Spine* 1996; 21: 2323-2328.
325. Harding IJ. Understanding sagittal balance with a clinical perspective. *Eur J Phys Rehabil Med* 2009; 45: 571-582.
326. Ebbelohj NE, Hansen FR, Harreby MS, Lassen CF. Low back pain in children and adolescents. Prevalence, risk factors and prevention. *Ugeskr Laeger* 2002; 164: 755-758.
327. Omev ML, Micheli LJ. Foot and ankle problems in the young athlete. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: S470-S486.
328. Bowyer SL, Hollister JR. Limb pain in childhood. *Pediatr Clin North Am* 1984; 31: 1053-1081.

329. Willems TM, Witvrouw E, Delbaere K, Mahieu N, De Bourdeaudhuij I, De Clercq D. Intrinsic risk factors for inversion ankle sprains in male subjects: a prospective study. *Am J Sports Med* 2005; 33: 415-423.
330. Willems TM, Witvrouw E, Delbaere K, Philippaerts R, De Bourdeaudhuij I, De Clercq D. Intrinsic risk factors for inversion ankle sprains in females —a prospective study. *Scand J Med Sci Sports* 2005; 15: 336-345.
331. Cibulka MT, White DM, Woehrle J, Harris-Hayes M, Ensey K, Fagerson TL, et al. Hip pain and mobility deficits--hip osteoarthritis: clinical practice guidelines linked to the international classification of functioning, disability, and health from the orthopaedic section of the American Physical Therapy Association. *J Orthop Sports Phys Ther* 2009; 39: A1-25.
332. Willems TM, De Clercq D, Delbaere K, Vanderstraeten G, De Cock A, Witvrouw E. A prospective study of gait related risk factors for exercise-related lower leg pain. *Gait Posture* 2006; 23: 91-98.
333. Jones BL, Scoville DP, Hill EJ, Childs G, Leishman JM, Nally KS. Perceived versus used workplace flexibility in Singapore: predicting work-family fit. *J Fam Psychol* 2008; 22: 774-783.
334. Nester CJ. Lessons from dynamic cadaver and invasive bone pin studies: do we know how the foot really moves during gait? *J Foot Ankle Res* 2009; 2: 18.
335. Schwab F, Lafage V, Patel A, Farcy JP. Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient. *Spine* 2009; 34: 1828-1833.
336. Ramirez LM, Sandoval GP, Ballesteros LE. Temporomandibular disorders: referred cranio-cervico-facial clinic. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2005; 10 Suppl 1: E18-E25.
337. Negrini S, Carabalona R, Sibilla P. Backpack as a daily load for schoolchildren. *Lancet* 1999; 354(9194): 1974.
338. Bauer DH, Freivalds A. Backpack load limit recommendation for middle school students based on physiological and psychophysical measurements. *Work* 2009; 32: 339-350.
339. Bassols A, Bosch F, Campillo M, Baños JE. Dolor de espalda en la población catalana. Prevalencia, características y conducta terapéutica. *Gac Sanit* 2003; 17: 97-107.
340. González MA, Condón MA. Incapacidad por dolor lumbar en España. *Med Clin (Barc)* 2000; 114: 491-492.
341. Druss BG, Rosenheck RA, Sledge WH. Health and disability costs of depressive illness in a major U.S. corporation. *American J Psychiatry* 2000; 157(8): 1274-8.
342. Lilienfeld AM. Practical limitations of epidemiologic methods. *Environ Health Perspect* 1983; 52: 3-8.

Anexos

Tu cuerpo es templo de la naturaleza y del espíritu divino. Consérvalo sano; respétalo; estúdialo; concédele sus derechos.

Henry F. Amiel (1821-1881)

Escritor suizo

ANEXO I. Consentimiento informado

CARTA INFORMATIVA A LOS PADRES

Estimados Padres:

Nos ponemos en contacto con ustedes para ofrecerles la posibilidad de realizar a su hijo un reconocimiento médico totalmente gratuito. Dicho reconocimiento médico realizado de forma voluntaria por ustedes tendría un valor de 600€ aproximadamente, siendo difícil acceder a él por las pruebas que lo conforman y que no se encuentran al alcance de la población general. Este reconocimiento es el que se realiza a los deportistas de élite de la Comunidad de Madrid.

A cada niño seleccionado se le realizarán las siguientes pruebas:

- Analítica básica de sangre.
- Exploración física.
- Composición corporal (cineantropometría).
- Espirometría.
- Estadio puberal.
- Prueba de esfuerzo.
- Medición de la actividad física (acelerómetro).
- Estudio de los pies.
- Estudio nutricional.

El reconocimiento es realizado por personal altamente cualificado del Centro de Medicina Deportiva de la Comunidad de Madrid y la Universidad Complutense de Madrid.

A cada niño se le dará un informe del estudio realizado con los resultados y al tener una prueba de esfuerzo si pertenece a un Club o Federación o se presenta a alguna competición deportiva, le valdrá para su ficha federativa.

Además de los beneficios propios para cada niño participante que son obvios, estos reconocimientos tendrán una importancia particularmente evidente para la comunidad ya que servirán para analizarlos, de una manera totalmente anónima, junto con los recogidos en otros países de la Unión Europea, con el fin de establecer las actuaciones sanitarias necesarias para prevenir los factores de riesgo cardiovascular en la población infantil. La enfermedad cardiovascular es una patología de gran impacto personal y socio sanitario y es la principal causa de muerte en los países industrializados. Distintos factores de riesgo detectados en edades tempranas de la vida son importantes predictores de la enfermedad.

En los ámbitos científicos de estudio, se ha demostrado que los factores de riesgo fisiológicos de la enfermedad cardiovascular en el adulto están relacionados con la adquisición en la infancia de estilos de vida poco saludables (mala alimentación, sedentarismo...) que son los que se van a evaluar con las pruebas realizadas.

Tendremos una reunión informativa con ustedes el _____ en el colegio.

Agradecemos de antemano su colaboración ya que sin ella sería imposible avanzar.

Un cordial saludo.

<firma>

Centro de Medicina Deportiva de la Comunidad de Madrid.

<firma>

La Universidad Complutense de Madrid.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Estimado padre/madre,

El centro escolar de su hijo ha sido seleccionado para formar parte del estudio Europeo “Prevalencia y predictores del riesgo de enfermedad cardiovascular en niños”. Esta investigación se incluye dentro del proyecto europeo European Youth Heart Study (EYHS) y sigue de forma estricta el mismo diseño y metodología en todos los países en los que se desarrolla. Los datos de este estudio contribuirán a un entendimiento de la etiología de los factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares en niños/niñas y permitirán un mejor diseño de los programas de prevención de dichos factores en la población infantil. Además ello supone que puede conocer los datos basales de desarrollo, de nutrición y de función respiratoria y cardíaca de su hijo/a.

El protocolo de este estudio incluye las siguientes pruebas para su hijo/a: análisis sanguíneo, composición corporal, peso y altura, presión sanguínea, test de esfuerzo en cicloergómetro (bicicleta), registro de nutrición, cuestionario de estudio de vida y análisis de la actividad física realizada por su hijo/a. Todas las pruebas se realizarán por personal sanitario cualificado (médicos y D.U.E's) y previamente entrenado para realizar dichas pruebas.

En el test de esfuerzo se pretende evaluar la respuesta cardíaca y tensional de su hijo/a durante el ejercicio físico. Su hijo/a pedaleará en ciclo ergómetro a una intensidad inicial baja, esta irá aumentando en función de la forma física de su hijo/a. Su hijo/a sentirá fatiga durante el test, su ritmo cardíaco y presión sanguínea aumentarán. Existe la posibilidad de ciertos eventos durante la prueba como mareo, alteraciones anómalas de la frecuencia cardíaca y presión sanguínea. En sujetos sanos sin antecedentes de enfermedad cardíaca podrían ocurrir complicaciones que requieren intervención urgente en una tasa que sea cifrado en 0.8 -1 casos de cada 10.000. Si esto ocurriera, se suspendería el test y la situación sería tratada, con los medios con los que en todo momento disponemos.

La ropa necesaria para la realización de las pruebas:

- Camiseta de manga corta (En el caso de las niñas se recomienda un top o bikini.)
- Pantalón corto
- Zapatillas deportivas

Centro de Medicina Deportiva



Fecha: ____ / ____ / ____

Nº Historia: _____

Apellidos del alumno: _____

Nombre del alumno: _____

Sexo: M ☐ F ☐

Fecha de nacimiento: _____

Colegio al que pertenece: _____

Curso: _____

Nombre del padre o tutor: _____

D.N.I.: _____

Nombre de la madre o tutora: _____

D.N.I.: _____

Teléfono de contacto: _____

“Sus datos personales contenidos en este formulario y autorización, han sido recogidos en los contactos mantenidos por usted con el personal del Centro de Medicina Deportiva de la Comunidad de Madrid o de fuentes accesibles al público, y han sido incorporados y tratados al fichero “Pacientes CMD”, cuya finalidad es el manejo de los datos propios de su historia clínica médica, y que podrán ser cedidos según los casos previstos en la Ley. El órgano responsable del fichero es el Centro de Medicina Deportiva de la Comunidad de Madrid, y la dirección donde usted puede ejercer los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición es c/ Juan Esplandiú nº1, 28007 de Madrid, todo lo cual se informa en cumplimiento del artículo 5 de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.”

PRUEBAS PARA LAS QUE SE PROPONE LA AUTORIZACIÓN

- **Analítica básica de sangre**
- **Prueba de esfuerzo**
- **Exploración física**
- **Medición de actividad física**
- **Cineantropometría**
- **Estudio de anomalías en los pies**
- **Espirometría**
- **Estudio nutricional**

Yo, D./Dña. _____ con D.N.I. _____

me doy por informado/a y autorizo al equipo médico para que mi hijo/a sea participe del proyecto de investigación European Youth Heart Study (EYHS).

Madrid a ____ de

de 2008

<Firma>

ANEXO II. Modelo de hoja de registro utilizada en este trabajo.

EYHS DE LA POBLACIÓN ESCOLAR

9 años ☐ - 15 años ☐

COLEGIO:

NOMBREFECHA (D/M/A).....

APELLIDOS.....

FECHA DE NACIMIENTO

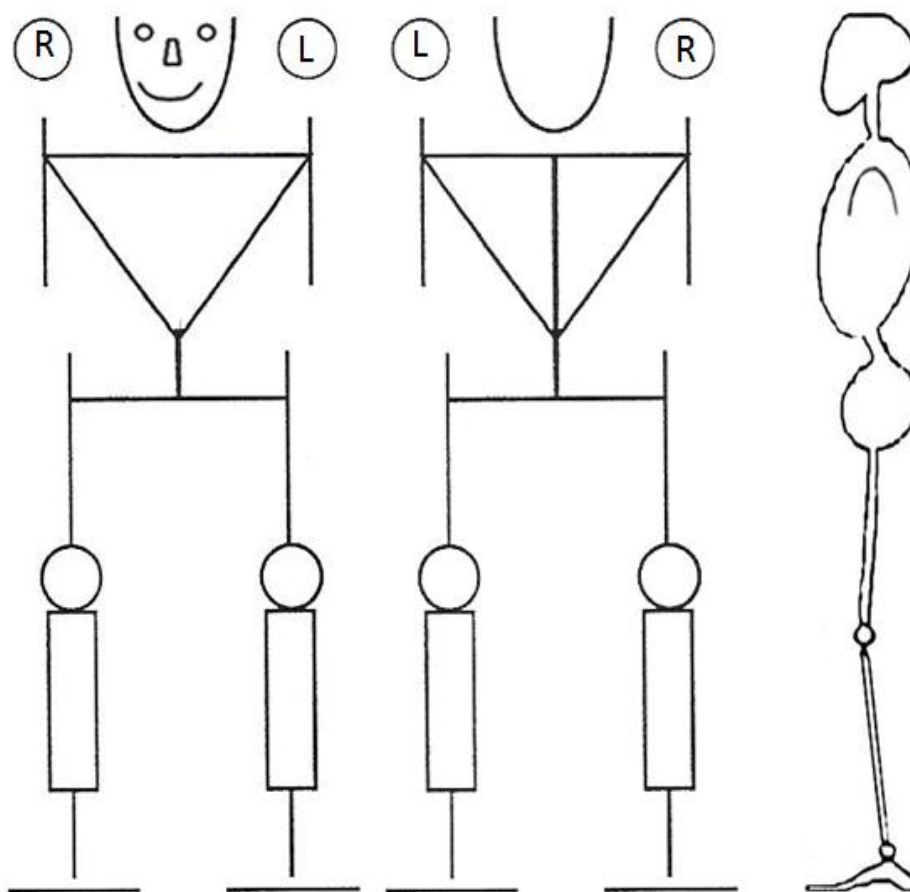
CODIGO

Diestro ☐ Zurdo ☐

VISIÓN ANTERIOR

VISIÓN POSTERIOR

VISIÓN LATERAL



MEDICIONES EN BIPEDESTACIÓN

Flexibilidad columna: Test DDS	Test DDS (-) (+)			
Distancia Intercondílea	mm			
Distancia intermaleolar	mm			
Altura ALI	Dcho	B / N / A	IZDO	B / N / A
Ángulo de la marcha	Dcho	B / N / A	IZDO	B / N / A

ALINEACIÓN DE LA ESPALDA

TEST de ADAMS si procede	(-) (+)
Si TEST de ADAMS (+) nivel convexidad	
Cifosis	SI NO
TEST ADAMS lateral si procede	POSITIVO (+) NEGATIVO (-)

VALORACIÓN GONIOMÉTRICA EN DESCARGA

DECÚBITO SUPINO	EI DERECHA	EI IZQUIERDA
LONGITUD REAL del MI [cm]		
Flexión CADERA	NORMAL SI NO	NORMAL SI NO
ABD CADERA	NORMAL SI NO	NORMAL SI NO
ADD CADERA	NORMAL SI NO	NORMAL SI NO
TEST de THOMAS	(-) (+)	(-) (+)
TEST 90:90 [°]		
ABD/ADD CADERA	NORMAL SI NO	NORMAL SI NO
Flexión dorsal 1AMTF [°]		
DECÚBITO PRONO	EI DERECHA	EI IZQUIERDA
ROTE CADERA [°]		
ROTI CADERA [°]		
TEST DTG [cm]		
FD TOBILLO RO EXTEND [°]		

OBSERVACIONES

ANEXO III. Cuestionario enviado a los padres de los escolares que participaron en el estudio.

Por favor, conteste estas preguntas relacionadas con la salud y hábitos de su hijo/a rodeando con el bolígrafo la opción que crea conveniente.

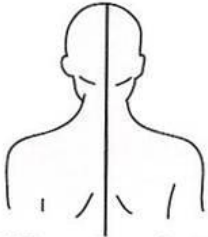
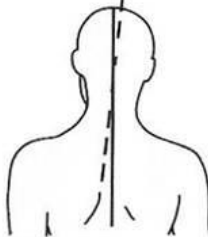

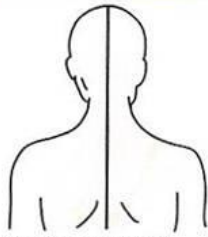
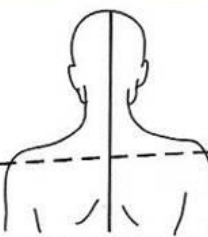
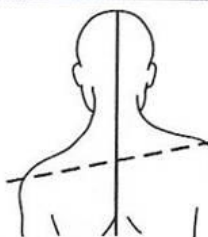
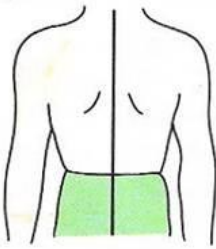
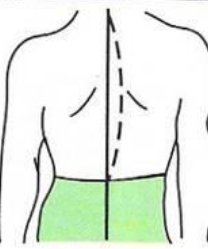
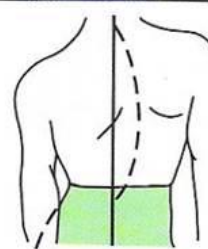
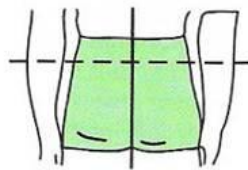




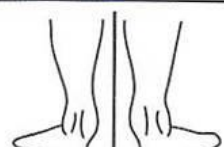
Identificación N°:	Fecha de Nacimiento (día/mes/año):
Nombre y Apellidos del alumno/a:	
1. ¿Padece su hijo/a, alguna enfermedad importante en sus huesos o músculos?:	
a. Si	
b. No	
c. En caso afirmativo especifique cuál:	
2. ¿Se queja su hijo/a de dolor de espalda con frecuencia?:	
a. Si, con frecuencia	
b. Casi nunca	
c. Nunca	
3. En caso afirmativo, especifique el/los lugar/s del dolor de espalda:	
a. Cuello	
b. A nivel de las escápulas	
c. A nivel lumbar	
d. En varios sitios	
4. ¿Se queja su hijo/a de dolor en las piernas con cierta frecuencia?:	
a. Si, con frecuencia	
b. Casi nunca	
c. Nunca	
5. En caso afirmativo, especifique el/los lugar/s del dolor en la pierna:	
a. Cadera	
b. Rodilla	
c. Tobillo	
d. Pie	
6. ¿Utiliza su hijo mochila de ruedas para llevar el material escolar al colegio?	
a. Si	
b. No	
7. Si utiliza otro tipo de bolsa para llevar el material escolar al colegio, especifique su colocación	
a. Centrada en ambos hombros	
b. Sobre hombro derecho	
c. Sobre hombro Izquierdo	
d. Depende	
8. ¿Qué cantidad de libros o cuadernos, transporta su hijo/a cada día?	
a. Entre 3 y 5 libros	
b. Entre 6 y 10 libros	
c. Más de 10 libros	
9. ¿Cuál cree es el tiempo real de carga de la mochila cada día?	
a. Entre 10 y 15 minutos al día	
b. Entre 16 y 30 minutos al día	
c. Más de 30 minutos al día	

<p>10. ¿Cuántas horas a la semana practica ejercicio extraescolar (clubs deportivos, clubs juveniles)?:</p> <ul style="list-style-type: none">a. Casi nunca o nuncab. Una o dos veces por semanac. La mayoría de los díasd. Todos los días
<p>11. ¿Cuántas horas ve su hijo/a la televisión un día normal?</p> <ul style="list-style-type: none">a. Ninguna o casi nadab. Menos de 1 horac. Entre 1 y 2 horasd. Más de 2 horas
<p>12. ¿Cuántas horas juega/trabaja su hijo/a con el ordenador un día normal?</p> <ul style="list-style-type: none">a. Ninguna o casi nadab. Menos de 1 horac. Entre 1 y 2 horasd. Más de 2 horas La mayoría de lose. Todos los días

El cuestionario ha concluido. Muchas gracias por su colaboración.

ANEXO IV. Modelo Base del Método de Exploración Visual "New York Posture Rating Chart" Modificado. Plano frontal.

Tomado de Orthopedic Physical Assessment. Magee DJ. 5ª Ed. Canadá: Ed. Saunders. 2006.

 <p>HEAD erect; gravity line passes directly through center</p>	 <p>HEAD twisted or turned to one side slightly</p>	 <p>HEAD twisted or turned to one side markedly</p>
 <p>SHOULDERS level horizontally</p>	 <p>One SHOULDER slightly higher than other</p>	 <p>One SHOULDER markedly higher than other</p>
 <p>SPINE straight</p>	 <p>SPINE slightly curved laterally</p>	 <p>SPINE markedly curved laterally</p>
 <p>HIPS level horizontally</p>	 <p>One HIP slightly higher</p>	 <p>One HIP markedly higher</p>
 <p>FEET pointed straight ahead</p>	 <p>FEET pointed out</p>	 <p>FEET pointed out markedly; ankles sag in pronation</p>

ANEXO V. Modelo Base del Método de Exploración Visual "New York Posture Rating Chart" Modificado. Plano Sagital.

Tomado de *Orthopedic Physical Assessment. Magee DJ. 5ª Ed. Canadá: Ed. Saunders. 2006.*

